



Krister Lönnberg

Syvästabilointi: Suunnitelmasta toteutukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (ylempi AMK)
Rakentamisen koulutusohjelma
Maanmittauksen suuntautuminen
Opinnäytetyö
29.5.2012
- - - - -

Tekijä Otsikko	Krister Lönnberg Syvästabilointi: Suunnitelmasta toteutukseen
Sivumäärä Aika	44 sivua 29.5.2012
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	maanmittaus
Ohjaajat	työpäällikkö Jyrki Nikkinen yliopettaja Vesa Rope
<p>Tämän työn tavoitteena oli tutkia, mitä siitä eteenpäin tapahtuu, kun urakoitsijalle luovutetaan syvästabilointitöitä varten tarvittavat tiedot, siihen asti, kun työ on luovutusvaiheessa. Työn osana oli myös selvittää stabilointikoneiden koneohjauksen periaate, siihen tarvittavat ja sen tuottamat aineistot.</p> <p>Suunnitelmakuvat ovat oleellinen osa stabilointitöiden tekemistä, ne esittävät, mitä on tehtävä, havainnollistavat kohdetta tai kertovat mahdollisesta työtä häiritsevästä tekijästä. Niihin merkitään tehty pilarit ja mahdolliset muutokset ja niiden aiheuttajat. Nykyään suunnitelma-aineistojen ollessa pääasiassa cad-ohjelmilla tehtyjä on mahdollista tehdä stabilointitöitä tukevia lisäkuvia ja tilastoja, kuten maastomalleja, pilaripituuskäyriä ja diagrammeja.</p> <p>Syvästabilointipilarityöt tehdään nykyään koneohjauksen avustuksella. Järjestelmään syötetään suunnitellut pilarit, jotka esitetään ohjaamossa olevassa näyttöpäätteessä. Tietojen avulla kuljettaja osaa tehdä pilarin oikeaan paikkaan. Sama järjestelmä tallentaa pilarin todellisen sijainnin. Näiden tietojen avulla tehdään ns. toteumakuvat, joista käy ilmi pilarin todellinen sijainti.</p> <p>Tämän työn havainnot ja lopputulokset ovat 4 vuoden ajalta ja Skanska Infra Oy:n näkökulmasta kerrottuja. Eri stabilointikohteita on yhteensä noin 80 kpl, näistä suurin osa on tehty koneohjauksella.</p> <p>Työssä selvisi, että suunnitelmia on aina muokattava ja uusia suunnitelmia pitää tehdä. Paperikuvista ei voida vielä luopua, ja ne toimivat samalla apuna, kun toteumatietoja tehdään. Koneohjaus on parantanut pilarin sijainnin tarkkuutta huomattavasti niin teko- kuin toteumavaiheissakin. Stabilointikoneen ohjelmistoissa olisi kehitettävää, jotta koneohjausjärjestelmä ja koneen oma tiedonkeruujärjestelmä keskustelisivat enemmän keskenään.</p>	
Avainsanat	syvästabilointi, koneohjaus, stabilointikuvat

Author Title	Krister Lönnberg Deep stabilization: From plans to realization
Number of Pages Date	44 pages 29 May 2012
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Land Surveying
Instructors	Jyrki Nikkinen, Project Manager Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to examine what is done after a contractor gets the necessary information for deep stabilization, to the point when the job is finished. Furthermore, the aim was to clarify the principle of machine control in deep stabilization, as well as the required and produced data.</p> <p>Design plans are still today an important part of stabilization. They provide information about what has to be done. They are used for marking done pillars and defects regarding to plans. Because plans are made mostly with CAD-programs, it means that there is a possibility nowadays to make supporting plans such as terrain models, pillar length elevation lines and diagrams.</p> <p>Nowadays machine control is used in deep stabilization. The planned pillars are transferred into the system from which they are displayed on a screen in the cabin. With this information the driver knows where the pillars have to be done. The same system stores coordinates of made pillars. This information is used to create as-built pictures showing the real position of the pillars.</p> <p>The observations and conclusions in this thesis are the result of 4 years of experience in different projects and are presented from Skanska Infra Ltd's point of view. There have been around 80 different deep stabilization projects and most of them are made with machine control.</p> <p>The study showed that plans must always be modified and new ones must be made. Paper plans cannot be replaced yet and they work at the same time as help when as-built pictures are made. Machine control has improved pillar accuracy in realization as planned and as built.</p>	
Keywords	Deep stabilization, machine control, stabilization plans

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Maastoon merkitseminen	3
2.1	Tikuttaminen	3
2.2	Koneohjaus	5
3	Stabilointikuvat	7
3.1	Työkuvat	9
3.2	Suunnittelu	10
3.3	Toteumakuvat	15
3.4	Apukuvat	18
3.5	Tarjouslaskenta	18
4	Aineistot	19
4.1	Lähtöaineisto	19
4.2	Muokkaus	19
4.3	Avustava aineisto	21
4.4	Mallit	25
5	Koneohjaus	27
5.1	Stabilointikoneen koneohjausjärjestelmä	29
5.2	Järjestelmän aineistot	30
5.3	Koneen tuottamat aineistot	32
5.4	Tulevaisuus	35
6	Koneohjauksen luotettavuus	38
6.1	Virhelähteet	38
6.2	Sijaintipoikkeama	39
7	Yhteenvedo	40
	Lähteet	43

Lyhenteitä ja käsitteitä

3D-Win	3D Systems Oy:n mittaus-, paikkatieto-, kartta- ja suunnittelutarpeisiin tehty ohjelma.
Cad-ohjelma	tietokoneavusteinen piirto- ja suunnitteluohjelma, esim. Autocad tai Microstation (engl. Computer Aided Design).
InfraRYL	infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.
Smartnet	tukiasemaverkkopalvelu, joka laskee kiinteiltä tukiasemilta mittaaajan sijainnin, jolloin ei tarvita omaa kiinteää tukiasemaa.
tikuttaminen	merkitsemistapa, suunnitellun stabilointipilarin keskikohtaan lyödään pystyyn puutikku, josta stabilointikoneen kuljettaja näkee, mihin kohtaan pilari pitää tehdä.
VRS	tukiasemaverkkopalvelu, jossa mittaaajan lähelle luodaan virtuaalinen tukiasema kiinteiden tukiasemien ja laskentakeskuksen avustuksella, jolloin ei tarvita omaa kiinteää tukiasemaa (engl. Virtual Reference Station).

1 Johdanto

Syvästabilointimenetelmällä tehtävä pohjanvahvistus tehdään työntämällä stabilointikoneessa oleva sekoitinkärki tavoiteltuun syvyyteen. Tavoitesyvyyden saavutettua sekoitinkärkeä pyöritetään ja nostetaan hitaasti kohti maanpintaa, sekoitinkärjen kautta puhalletaan maaperään sideaineseosta, joka on useimmiten kalkin ja sementin sekoitus. Tällä tavalla muodostetaan maaperään sideaineesta koostuva pilari, joka reagoi maassa olevan kosteuden kanssa, jolloin se kovettuu ajan myötä.

Nykyään käytetään syvästabilointikoneissa apuna koneohjausta pilarin sijainnin määrittämiselle, ns. tikutusta ei nykyään tehdä. Tikuttamisella tarkoitetaan sellaista merkitsemistapaa, jossa jokaisen stabiloitavan pilarin kohdalle lyödään puutikku. Näiden puutikkujen avulla stabilointikoneen kuljettaja tietää, mihin kohtaan sekoitinkärki on kohdistettava. Koneohjaus on ns. opastava eli kone ei ohjaa itse itseään, kuljettajan on itse ohjattava konetta ja sekoitinkärkeä. Järjestelmän näytöltä nähdään, missä kohdassa stabilointisuunnitelmaa sekoitinkärki sijaitsee. Koneen ollessa tarpeeksi lähellä pilarin keskikohtaa voidaan pilari tehdä. Jokaisesta tehdystä pilarista tallennetaan sijainti. Näitä tietoja apuna käyttäen voidaan tilaajalle tarkasti todentaa, mihin kohtaan pilarit ovat loppujenlopuksi tehty. Maaperässä voi olla pilarin tekemiseen vaikuttavia asioita, esim. kaapeleita, jolloin pilaria ei voida tehdä suunniteltuun kohtaan.

Vaikka suunnitellut ja toteutuneiden pilareiden sijainnit tallennetaan koneohjausjärjestelmään, ovat perinteiset paperikuvatkin tarpeellisia. Paperikuviin on mahdollista tehdä sellaisia merkintöjä, joita ei ole vielä mahdollista tehdä koneohjausjärjestelmään. Stabilointikoneiden koneohjausaineisto on pelkästään pistemäistä aineistoa, jossa jokainen pilari on yksilöity, eli jokainen pilari on kuvailtu aineistossa pisteenä ja sille on annettu stabilointikuvan numero ja vielä lisäksi kuvaan liittyvä yksilöllinen numero.

Työn tilaajana toimii Skanska Infra Oy joka on infrarakentamisen palveluita tuottava yritys. Palvelut jakautuvat väylä-, silta-, kalliorakentaminen, vesihuolto- ja teollisuusrakentaminen sekä pohjarakentaminen. Tämä työ on tehty pohjarakentamiseen kuuluvalla yksiköllä ja Skanska Infra Oy:n näkökulmasta urakoitsijana.

Tämän työn tavoitteena on tutkia, mitä eri vaiheita sisältyy siihen, jotta suunnittelijan tekemästä stabilointisuunnitelmasta on mahdollista työ toteuttaa syvästabilointikoneella vaaditunlaisesti, suunnitelmien ja koneohjausaineistojen näkökulmasta. Tarkoituksena on myös tutkia, mitä eri aineistoja on mahdollista luoda suunnittelijan ja koneohjausjärjestelmän tuottamista aineistoista. Työ tuli aiheelliseksi, koska aihetta ei ole ennen tutkittu eivätkä kyseiset asiat ole kovin monen henkilön tiedossa.

2 Maastoon merkitseminen

2.1 Tikuttaminen

Tikuttamisella (kuva 1) tarkoitetaan, että jokaisen pilarin kohdalle lyödään puutikku maahan, johon stabilointikone tekee pilarin. Jotta mittamiehen ei tarvitsisi mitata jokaista pilaria paikoilleen yksitellen, tehdään kartalle tukipisteitä, joiden mukaan mittamies voi mitata laajemman alueen maastoon ja merkitä loput pilarit paikoilleen mittanauhan avulla, tämä nopeuttaa huomattavasti työtä. Esimerkiksi voidaan esittää 10 x 10 m:n kokoinen kenttä, jossa pilareiden etäisyys toisiinsa on vakio; tässä tapauksessa riittää, että maastoon merkitään nurkkapisteet. Kun kenttä on monimuotoinen, tarvitaan enemmän tukipisteitä.

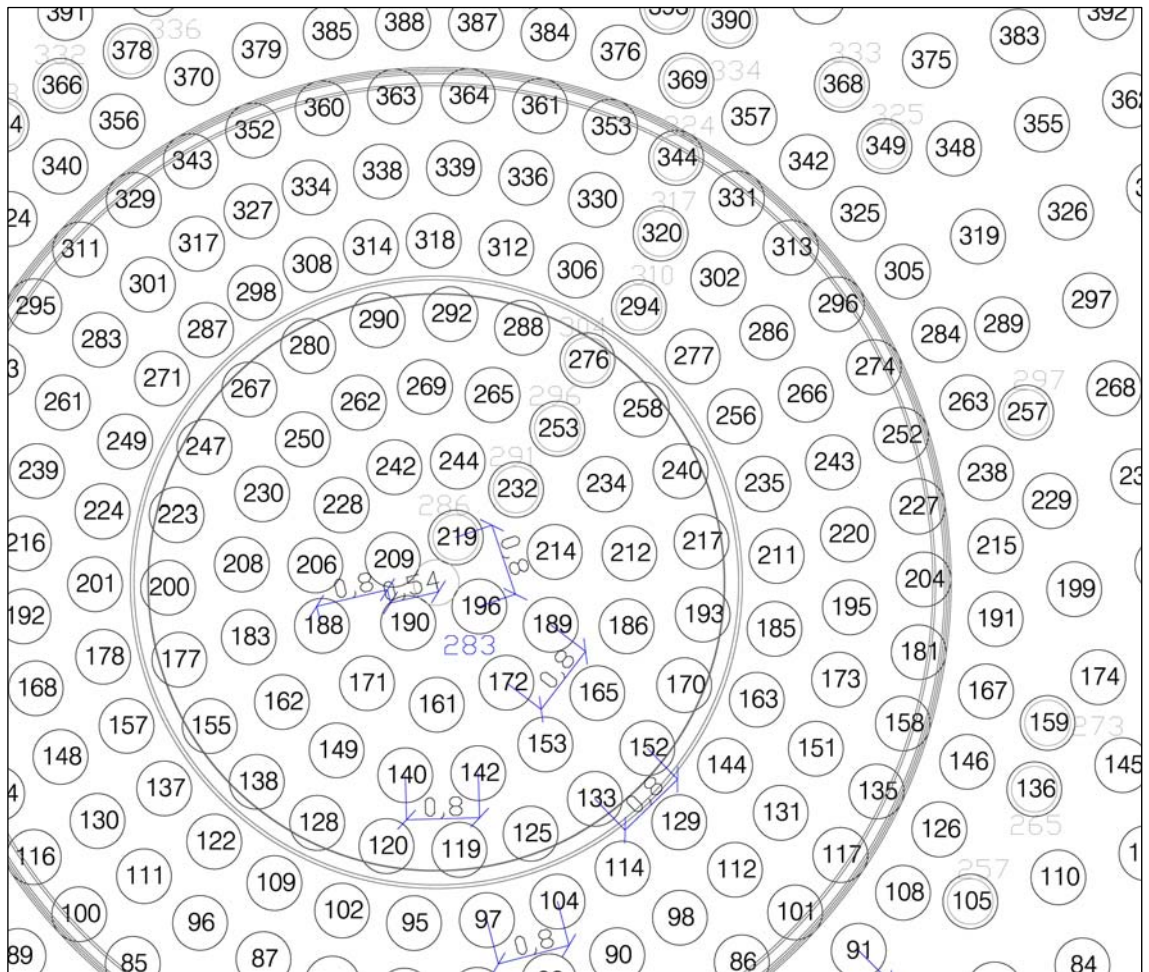


Kuva 1. Tikun kohdalle tehdään pilari.

Tukipisteille annetaan oma numerointi, jotta merkitseminen olisi helpompaa, jos numero olisi sama kuin pilaroinnin vaikeuttaisi se kentän hahmottamista sekä numeron löytämistä kaikkien muiden seasta. Kaikkia tukipisteitä ei ole pakko kartalle merkitä, koska mittamies voi käyttää hyödykseen vieressä olevia pilareita ja näin saada merkittyä puuttuvat paikoilleen, kunhan hänellä on tieto siitä, mille etäisyydelle kukin pilari pitää tehdä.

Tukipisteiden muodostaminen vie paljon aikaa, jos kentät ovat monimuotoisia. Jokainen kenttä on mietittävä erikseen sillä tavalla, että mittamies voi sen suhteellisen helposti mitata. Tukipisteiden määrä pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä, mikä nopeuttaa työntekoa. Työläimmät kohteet ovat sellaisia, jossa suunnittelija on esittänyt suunnittelemansa pilarit samalla värillä eikä pilarivälien vaihtumista ole merkitty millään tavalla. Tällöin on etsittävä kohdat mittaamalla pilarivälejä.

Esimerkkinä on kohde (kuva 2), jossa esitetty pilarointi on erittäin harvinainen johtuen siitä, että se tehdään ympyrän muotoisena. Yleensä kentät ovat yksinkertaisempia, ja niissä pilarin sijainti on ilmoitettu pysty- ja vaakamitalla etäisyytenä seuraavaan pilariin. Tässä tapauksessa merkitseminen tehtiin mittaamalla ensimmäiseksi ympyrän keskipiste paikoilleen. Keskipisteestä annettujen mittojen avulla havaittiin, missä kohdassa seuraava ympyrän säde sijaitsee. Jokaisesta säteestä merkittiin yksi pilari paikalleen ja mittojen avulla voitiin merkitä loput.



Kuva 2. Ote työkuvasta, jossa on hankalasti merkittävä pilarointikenttä.

2.2 Koneohjaus

Koneohjaus on syrjäyttänyt perinteisen tikuttamisen lähes kokonaan. Tikuttamaan joudutaan vain silloin jos koneohjausjärjestelmä ei syystä tai toisesta toimi, mikä on nykypäivänä harvinaista. Valtaosa syvästabilointia tekevistä suomalaisista yrityksistä on siirtynyt koneohjaukseen. Hyödyt ovat huomattavia ja tulevaisuudessa ehkä vielä merkittävämpiä.

Inhimillisen virheen tekeminen poistuu, kun ei ole vaaraa että on vahingoissa mitattu väärillä mitoilla. Pilaria ei tarvitse nähdä, jotta sen voi tehdä. Stabilointikone tai joku muu työmaalla oleva kone voi vahingossa ajaa tikun päältä, ilman koneohjausta olisi se mitattava uudestaan paikalleen. Koneet tekevät töitä pehmeissä olosuhteissa (kuva 3), jolloin on suuri riski, että tikut siirtyvät. Ennen koneohjausta merkittiin siirretty pilari suurin piirtein kuvalle. Nykyään järjestelmä rekisteröi koordinaatit jokaisesta tehdystä pilarista.



Kuva 3. Stabilointi pehmeissä olosuhteissa (1).

3 Stabilointikuvat

Stabilointikuvat ovat kuvia, joissa on esitetty minimissään stabiloitavat pilarit pilarinumeroineen. Toteutustavasta riippuen, on kuvissa oltava tukipisteet näkyvillä, mikäli stabilointi tehdään ns. tikuttamalla. Koska Skanska siirtyi 2009 kokonaan tikuttomiin työmaihin, ei tässä työssä jatkossa käsitellä aihetta.

Stabilointikuvat jaotellaan työkuviin ja toteumakuviin jotka ovat tavallaan asemapiirustuksia, poikkeuksena ehkä totuttuun on se, että mittakaavat ovat suuria ja kuvia on yleensä paljon. Määrä riippuu stabilointikentän tai kenttien koosta. Kuvien mittakaavat ovat sen takia suuret, että koneen ohjaamossa oleva tila on rajallinen joten tavallisesti kuvien paperikoko on A4 tai A3. Skanskalla kuvat ovat tulostettaessa A3 kokoisina mittakaavassa 1:100, mutta yleensä ne tulostetaan A4-kokoisena, koska kuvia on silloin helpompi käsitellä, eikä sen tarvitse olla siinä tehtävässään mittakaavassa. Kuviin merkitään tehdyt ja tekemättömät pilarit sekä siirtymät ja havaitut poikkeamat. Työ ja toteumakuvien avuksi tehdään myös yleiskartta, jonka mittakaava on pienempi kuin varsinaisten kuvien. Tarkoituksena on antaa yleissilmäys kohteesta sekä kuvien sijainneista. Työkohteesta tehdään aina vähintään työkuvat ja toteumakuvat, mutta avuksi voidaan myös tehdä muita kuvia. Niiden tarkoituksena voi olla esim. havainnollistaa, selkeyttää tai antaa lisäinformaatiota.

Jokaisella urakoitsijalla on omannäköinen stabilointikuva lisätietoineen. Kuvat ovat ainakin omalta osalta muokkautuneet vuosien varrella ja muuttuvatkin projektista toiseen jossain määrin riippuen kohteesta, mutta joitain asioita esitetään vakiona työmaasta toiseen. InfraRYL sisältää muutaman kohdan, jossa mainitaan, mitä informaatiota stabilointikuvista pitää löytyä. Työkuviin vaikuttava asia löytyy pilaristabiloinnin kelpoisuuden osoittamisen kohdalta, josta on seuraava maininta:

Pilarointityöstä pidetään pöytäkirjaa, josta ilmenevät pilarin tunnistetunnus, tekopäivä, sijainti ja kaltevuus, pilarin ala- ja yläpään korkeustaso, sideaineen syöttömäärä (kg/pilari) ja sideaineen syöttömäärä (kg/m) sekä vaa'an lukemat ennen pilarin tekoa ja pilarin teon jälkeen. Sideaineen laatu todetaan materiaalikohdassa. Sekoitustyöstä pidetään pilarikohtaista pöytäkirjaa. (2.)

Tämä tarkoittaa, että pöytäkirjaa varten on pystyttävä jotenkin tunnistamaan pilari. Toteumakuviin liittyvässä maininnassa sanotaan, pilareiden sijainnista laaditaan alueittain tarkepiirustukset, joista ilmenevät pilareiden ja pilarikenttien sijainti ja numerointi. (2.)

Omia ajatuksia

Koska stabilointikuvan koko on pieni, mikä tarkoittaa, että suunnitelman esittämiselle on rajallinen tila, olen päättänyt luopua perinteistä nimiöstä. Perinteisellä nimiöllä tarkoitan sellaista nimiötä, joka sijaitsee suunnitelmakuvissa oikeassa alalaidassa. Tämä veisi paljon tilaa itse suunnitelmasta, joten olen sijoittanut omanlaisen nimiön stabilointikuvien alareunaan koko kuvan leveydeltä. Olen myös tehnyt kuvan vasempaan reunaan tilan koko kuvan korkeudelta, johon on mahdollista merkitä lisäinformaatiota. Näillä molemmilla, eli nimiöllä ja sivutilalla on myös toinen merkitys. Koska kuvat laitetaan useimmiten kansioon joko A4- tai A3-kokoisena, tämä vaatii joko rei'ityksen tai seläkkeen. Seläkettä ei yleensä käytetä, joten reiät hävittäisivät pienen palan suunnitelmasta, jos se olisi koko kuvan kokoinen.

Stabilointityökuvilta löytyvät seuraavat tiedot:

- päivämäärä
- pilarikoko
- rakennuskohde
- yritys joka suunnitteli työkuvan
- yritys joka toteuttaa stabiloinnin
- pilareiden lukumäärä kuvalla
- mittakaava
- kuvan numero
- pohjoisnuoli.

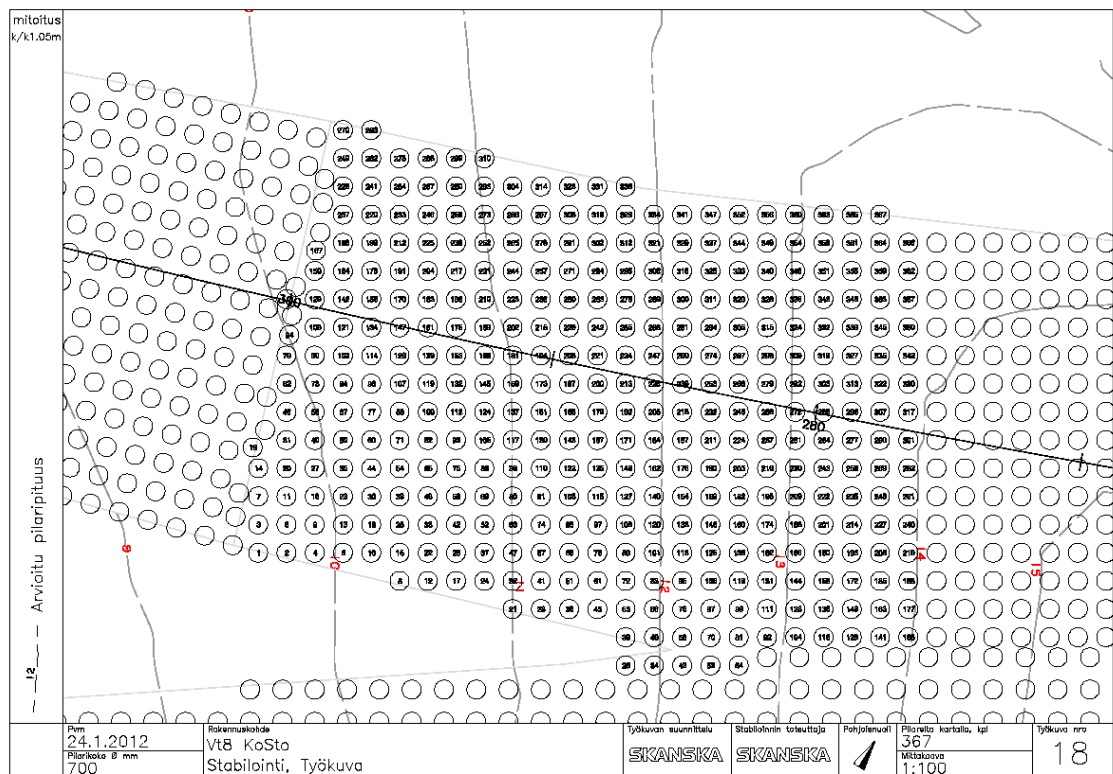
Kuvien on oltava selkeitä, ja niiden pitää sisältää vain oleellista tietoa. Kuvan täyttäminen turhilla tiedoilla vain hämmentää lukijaa. Pilarinumerot ovat oleellinen osa työtä, ja niitä on yleensä monta kuvaa kohden, joten on suuri riski, että turhilla tiedoilla täytetty kuva huonontaa pilarinumeroinnin näkymistä tai jopa estää sen täysin. Vaikka tänä päivänä pilarinumerointi näkyy koneohjauslaitteen ruudulla, pitää perinteisen paperikuvan numeroinninkin näkyä.

Yleiskartassa olevien työkuvienv rajat saattavat näyttää oudolta. Raja kulkee siinä kohtaa missä kulkee eri työkuvienv välinen raja. Tämän tarkoituksena on, että yleiskartasta voidaan suoraan nähdä, millä työkuvalle eri pilarit sijaitsevat. Nämä tiedot eivät oikeastaan käy ilmi A3- tai A4-tulostetusta yleiskartasta pienen mittakaavan takia. Jos yleiskartta tulostetaan suurempana tai sitä tehdään pdf-kuva, voidaan rajat nähdä. Pdf-kuvasta voidaan rajat nähdä, koska kuvaa on mahdollista tarkastella yksityiskohtaisesti tietokoneen näytöllä.

3.1 Työkuvat

Työkuvat (kuva 4) ovat kuvia, joista nähdään, mitä pitää tehdä. Siinä on vakiotietojen lisäksi minimissään stabiloivat pilarit numeroineineen. Mikäli tietoja on saatavilla, kannattaa niissä esittää asioita, jotka voivat vaikuttaa pilarin tekemiseen tai olla vaaraksi sekoitusterälle tai koneelle, kuten johtotietoja (maa ja ilmajohdot), paalujen sijainteja tai aikaisemmin tehtyjä stabilointeja. Esitetyistä lisätiedoista löytyy tarvittaessa tarkempi selitys kuvan vasemmassa laidassa.

Kuvassa esitetään aina stabiloitavat pilarit ympyröinä niiden oikeassa koossa. Työkuvienv määrä riippuu siitä, miten suuri ja minkä muotoinen stabiloitava alue on. Kaikilla kuvilla on yksilöllinen numero, josta ne erottuvat toisistaan. Numerointi tehdään yleensä juoksevasti aloittamalla numerosta 1, numerointia jatketaan, kunnes koko stabiloitava alue on mahdutettu työkuviin. Työkuvat limittyvät viereisen kuvan kanssa vähintään yhden pilaririvin verran. Näin katsojalle välittyy tieto siitä, että pilarointi jatkuu seuraavalla kuvalla. Jäljempänä kerrotaan, miten stabiloitava alue jaetaan sekä miten kuvat käännetään niiden mukaisesti.



Kuva 4. Työkuva stabiloitavasta alueesta.

3.2 Suunnittelu

Stabiloitavan alueen suunnittelu

Stabiloitava alue on suunnittelijan määräämä. Työkuvien ja stabilointikenttien suunnittelussa vähimmäistieto on stabiloitava alue sekä niiden keskinäinen sijainti toisiinsa (mistä käytetään nimitystä sijaintikaavio, pilarijako, pilariväli tai k/k). Tieto on ilmoitettu pilarin keskeltä toisen pilarin keskelle. Nämä tiedot on kerrottu työselityksessä ja/tai mukana toimitetussa suunnitelmakuvassa. Ilman näitä tietoja ei työtä voida toteuttaa.

Kohteesta ja suunnittelijasta riippuen toimitetaan vähimmäistiedot. Pilarit suunnitellaan näiden tietojen avulla cad-ohjelmalla. Joissain kohteissa suunnittelija on tehnyt valmiiksi pilaroinnin, mikä helpottaa huomattavasti työtä. Se miten suuri apu valmiiksi suunnitellusta kentästä on, riippuu kentän monimuotoisuudesta. Kuva 5 esittää kohdetta, joka on työläs suunnitella siksi, että kentät on jaettu moneen osaan ja eri pilarijakoihin.

Työkuvien ja kenttien jakaminen

Työkuvien ja kenttien jakaminen kulkevat käsi kädessä. Stabilointikenttä jaetaan koosta riippuen moneen pieneen osaan, jokaisesta osasta muodostuu työkuva. Osan koko määräytyy muodon ja sen mukaan, miten se mahtuu näkymään yhdellä työkuvalle. Työkuvassa saa näkyä vain yhden kentän numerointi kerralla, joten kenttä jaetaan sen mukaan. Kuvien on tarkoitus limittyä viereisiin kuviin vähintään yhden pilaririvin verran.

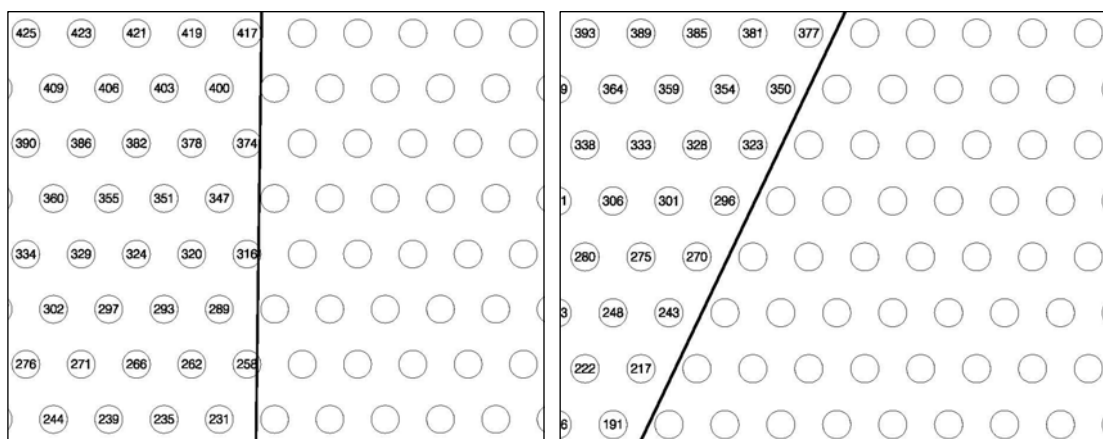
Kuvat käännetään joka projektissa tapauskohtaisesti. Kääntämisellä tarkoitetaan, että työkuvaan pyritään saamaan näkymään mahdollisimman monta pilaria kerrallaan kääntämällä kuvaa stabilointikentän suuntaisesti. Jos kuvia ei käännetä ja ne ovat koordinaatiston mukaisesti pysty-vaakasuorassa, käy yleensä niin, että kuviin saadaan mahtumaan vähemmän pilareita kerralla.

Työn ja raportoinnin selkeyttämiseksi voidaan kuvat jakaa esim. suunnittelijan jaottelemiin alueisiin. Kuvan 5 mukaisessa kohteessa koko stabilointialue oli jaettu 50 eri stabilointikenttään, joten tilaaja esitti toivomuksen, että työkuvasa näkyisi vain yksi alue kerrallaan. Tämä tarkoitti sitä, että työkuvien määrä oli normaalia suurempi, mutta kenttien raportointi ja toteumien seuraaminen huomattavasti helpompaa.



Kuva 5. Stabiloitava kohde jaettu moneen osaan.

Kenttiä jakaessa kannattaa miettiä että stabilointikoneella olisi mahdollisimman selkeä linja missä edetä pilareiden teossa. Tämä selkeyttää töiden seuraamista ja vähentää riskiä tehdä samaa pilaria useaan kertaan. Kuvan 6 vasen puoli esittää optimaalista tilannetta, jossa kenttä on katkaistu kuvan mukaisesti. Tällöin kentän katkaisu toiseen kenttään on selkeä ja stabilointikoneella helppo tehdä. Oikeanpuoleisessa kuvassa on esitetty huono esimerkki. Kuvaaan mahtuu vähemmän pilareita, ja koneen on liikuttava maastossa sivuttaissuunnassa kuvan mukaisesti, pilarikenttä on tällöin epäselvä. Jaot kannattaa tehdä suorakaiteen muotoisina paloina.



Kuva 6. Kenttien jakaminen.

Numerointi

Numerointi tehdään, jotta pilarit voidaan helposti yksilöidä. Pilarin yksilöiminen voidaan tehdä eri tavoin, se voi olla kirjain numero-yhdistelmä tai joku muu tapa, jonka eri toimijat näkevät parhaaksi. Vuosien varrella on havaittu, että meille paras tapa on se, että jokaisella työkuvalle on juokseva numerointi, joka aloitetaan numerosta 1, numerointia jatketaan niin pitkälle kuin pilareita on kuvassa. Tässä numerointitavassa on pääasia, että jokaisella työkuvalle on eri numero ja että jokaisella työkuvasse olevalla pilarilla on eri numero. Muutoin pilareita ei voida erottaa toisistaan kuin koordinaateista.

Kun suunnitelmiin tulee muutos sellaiselle työkuvalle, jossa on jo tehty pilareita, on käytetty kahta eri tapaa. Joko tehdään uusi työkuva, jossa pilarit on numeroitu alusta, tai työkuvan numero säilyy entisellään ja pilarinumerointia jatketaan suuremmasta lukemasta kuin jo tehtyjen pilareiden numerointi on ollut.

Numeroinnin voi myös tehdä niin että ensimmäinen pilari on numero 1, siitä seuraavat kasvavat järjestyksessä niin suureen lukemaan kuin pilareita on projektilla. Vaikka tämä kuulostaa loogiselta, oma mielipiteeni on, että numeroinnin alusta aloittaminen on selkeämpi. Toinen asia, joka vaikuttaa kuvan selkeyteen, on pilarinumeron liian suuri pituus. Normaalisti 5 tai 6-numeroinen luku ei enää mahdu pilaria esittävän ympyrän sisäpuolelle vaan aiheuttaa sen, että numerosta voi olla vaikeaa saada selvää, koska

tekstin päällä esitetään myös pilariympyrä. Tarkoituksena on että tekstiosa ei ylittäisi pilarin reunoja. Normaalisti pilareiden halkaisijat ovat 600, 700 tai 800 mm.

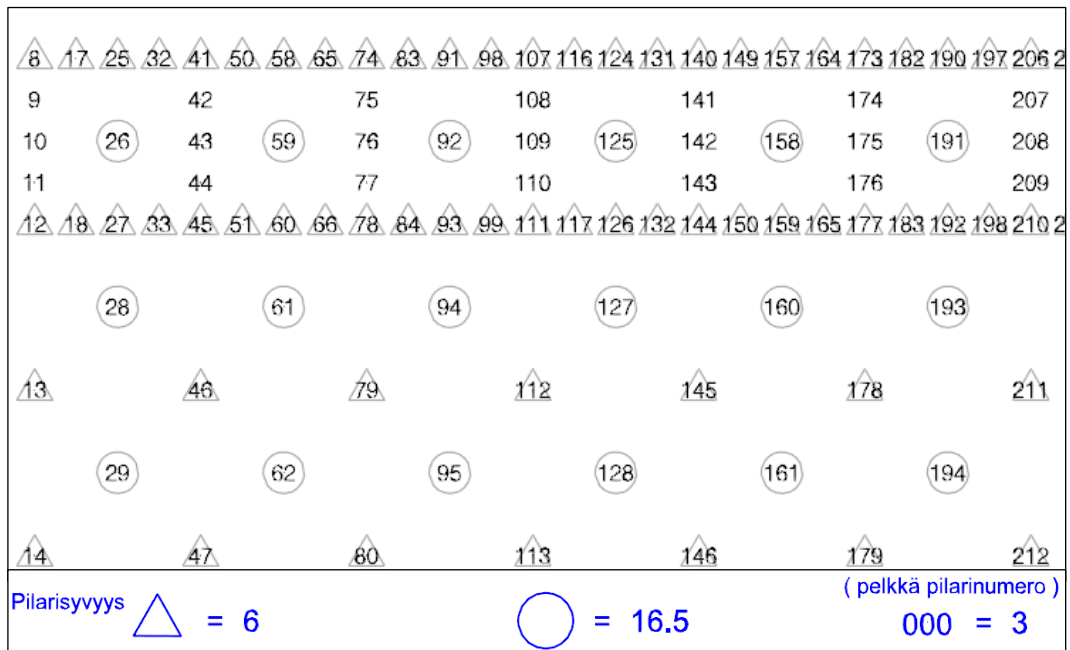
Numerointi tehdään tällä hetkellä 3D-Win-ohjelman avulla etelä-pohjoissuunnassa ja vasemmalta oikealle. Tällä tavalla saadaan pilarinumerot jonkinlaiseen järjestykseen, muuten numerot olisivat epäjärjestyksessä, mikä vaikeuttaa niiden löytämistä stabilointikuvalta. Tiettyä numeroa etsiessä kannattaa tämä pitää mielessä ja käyttää hyödykseen kuvan pohjoisnuolta, jolloin pilarin löytyminen helpottuu. Tällä hetkellä numerointia ei voida tehdä tarpeeksi helpolla tavalla työkuvan suuntaisesti. Tämä helpottaisi huomattavasti pilarinumeroiden löytymistä ja tekisi pilarikentistä loogisemman näköisiä.

Värimaailma

Väreillä voidaan stabilointikuvia havainnollistaa todella paljon. Työkuvat kelpaavat tuotantoon mustavalkoisena, ja usein ne tulostetaan vain mustavalkoisina. Suunnittelussa kannattaakin miettiä, että kuva olisi selkeä riippumatta siitä, tulostaako sen mustavalkoisena vai värillisenä. Väreillä voidaan korostaa tai erotella toisistaan asioita helpommin kuin mustavalkoisella kuvalla. Pdf-kuvia voidaan tarkastella värillisinä ja tehdä havaintoja, vaikka työkuvat tulostettaisiinkin mustavalkoisena.

Pilareiden esittäminen

Pilareiden esittäminen on syytä tehdä niiden oikeassa koossa, jolloin on helpompi hahmottaa niiden viemä tila tai koko kuvan muun informaation suhteen. Tämä ei tietenkään ole pakollista mutta suotavaa. Joskus tästä voidaan poiketa tarpeen vaatiessa kuten yhdessä projektissa (kuva7), jossa oli pilareita niin lähellä toisiaan, että symbolin lisääminen pilariympyrän keskelle numeroineen olisi ollut liian epäselvä tapa. Esitys toteutettiin käyttämällä muutamaa symbolia apuna. Kohteessa tehtiin 3 eri pilaripituutta, 3 m, 6 m ja 16,5 m. Tämä on vain yksi tapa, esittämisessä ei ole oikeastaan muuta kuin mielikuvitus rajana.



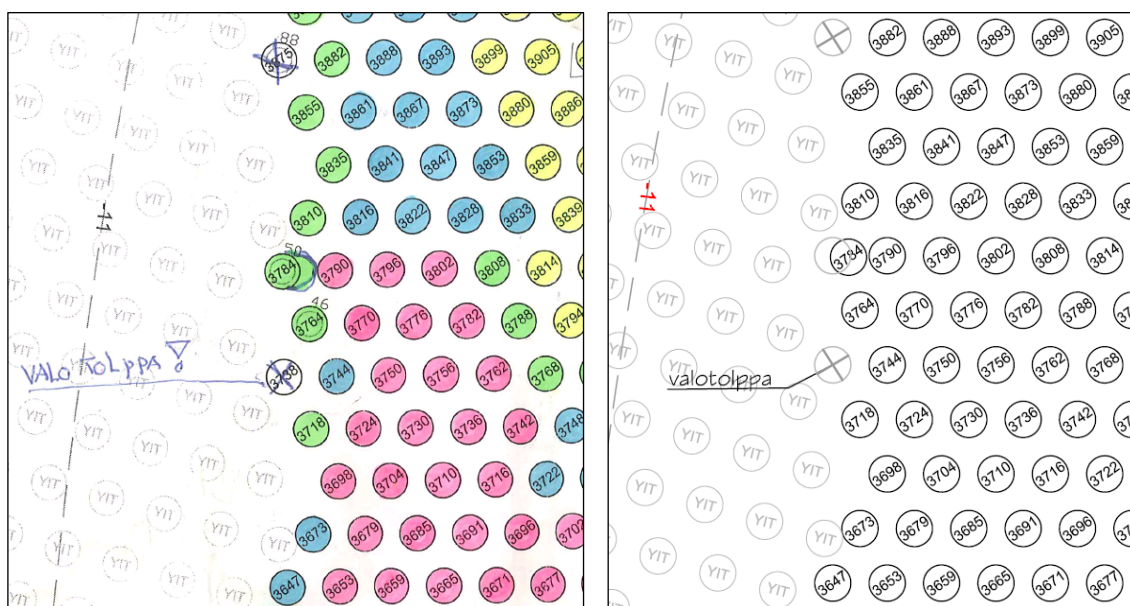
Kuva 7. Symboleilla esitetty stabiloitavien pilareiden pituuksia.

3.3 Toteumakuvat

Toteumakuvat ovat kuvia, joista käy ilmi miten stabilointi on toteutunut. Toisin sanoen ne ovat työkuvia, johon merkitään tehdyt, tekemättömät ja lisäpilarit sekä havaitut poikkeamat. Poikkeamat voivat olla esim. rakennelma, puu, paalu, maanalaiset johdot ja laitteet, ilmajohdot, aikaisemmin tehtyjä pilareita, saven paksuus alle 1,0 m tai jokin maapäällinen este, jolloin pilaria ei ole voitu tehdä.

Työmaalta tulevat

Työmaalta tulevissa kuvissa merkitsemistavat ovat erilaisia riippuen henkilöstä. Suurin osa merkitsee tehtyjä pilareita erivärisillä korostuskynillä, joka on selkeä tapa. Huonona värinä voisi mainita keltaisen, joka yleensä näkyy huonosti, varsinkin tulosteessa.



Kuva 8. Vasemmanpuoleinen on työmaalta tullut ja oikeanpuoleinen valmis toteumakuva.

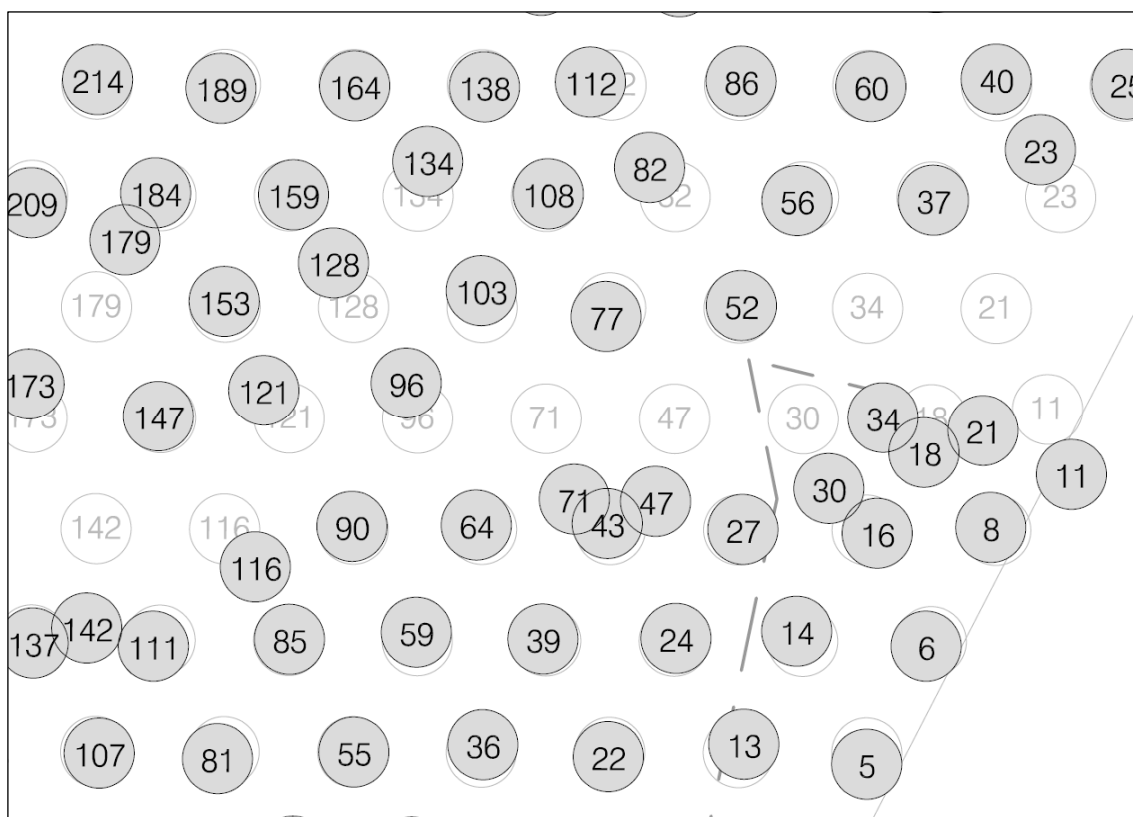
Kuva 8 on poikkeuksellisen hyvin merkattu. Kuvasta ilmenevät tehdyt pilarit värjättyinä ja tekemättömien päälle on merkitty mustekynällä rasti. Toiselle pilarille on merkitty syy, josta selviää miksi se on jäänyt tekemättä. Valotolpan tekstistä muutama pilari ylöspäin on esitetty selkeästi, mihin kohtaan tehtyä pilaria on siirretty. Syykin selviää kuvaa katsomalla, jolloin huomataan, että siellä on ollut aikaisemmin tehtyjä pilareita.

Toivottavaa on, että merkinnät ovat selkeitä ja informatiivisia eikä arvailujen varassa olevia epämääräisiä merkintöjä. Stabilointikoneenkuljettajan kuviin tekemät merkinnät ovat oleellinen osa toteumatietojen keräämistä, vaikka koneohjausjärjestelmä tallentaa pilarin todellisen sijainnin nykyään.

Vielä ei merkitä poikkeamia tai lisätietoja suoraan stabilointikoneen järjestelmään. Toteumakuvien tekijän ei välttämättä tarvitse nykyään katsoa paperikuvia lainkaan, jos toteumatietojen keruu on onnistunut niin kuin pitää. On kuitenkin syytä tarkastaa tiedot myös paperikuvista, varsinkin jos pilareita on jäänyt tekemättä tai siirretty, jotta tiedetään, miksi näin on tapahtunut.

Valmiit toteumakuvat

Valmiit toteumakuvat (kuva 9) ovat niitä, joita toimitetaan luovutusaineiston mukana tilaajalle. Kuvat tehdään cad-ohjelmalla, eivätkä ne sisällä työnaikaisia ”tuherruksia”. Kuvissa ei tarvitse olla samoja tietoja, joita työkuvassa oli. Kuvista voi suosiolla jättää pois kaikki avustavat aineistot. Skanskan tekemistä stabilointitöistä luovutetaan nykyään sellaiset kuvat, joissa näkyy himmeällä teoreettinen pilari ja sen numero, tummemmalla on esitetty todellisen pilarin sijainti sekä sen numero. Jos pilareita on syystä tai toisesta siirretty tai poistettu, käy kuvasta ilmi, mikä pilari on siirretty ja mihin kohtaan tai mikä pilari on jäänyt tekemättä (kuva 9). Todellisista pilareista toimitetaan yleensä cad-kuva, dwg- tai dgn-formaatissa tallennettuna riippuen tilaajasta.



Kuva 9. Toteumakuva.

3.4 Apukuvat

Apukuviksi kutsutaan kuvia, joissa esitetään sellaista tietoa, josta on apua töiden eri vaiheisiin sekä auttavat ymmärtämään kohdetta paremmin. Näissä kuvissa esitetään sellaista tietoa, jota ei ole työkuvassa tai yleiskartassa, esim. tilastoja, kartoituksia tai liukuvärikartta (kartta jossa on esitetty eri väreillä, miten pitkiä pilareita kohteeseen on suunniteltu). Näistä lisää avustavassa aineistoissa.

3.5 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskentavaiheessa ei yleensä tehdä työkuvia tai jaotella stabilointikenttiä. Tärkeämpää on laskea pilarimääriä ja pituuksia. Pilarimääriä voidaan laskea joko sijoittamalla ne suunnitellulla tavalla tai alueen pinta-alan mukaan. Pituudet arvioidaan joko poikki ja/tai pituusleikkauksista tai tekemällä malleja. Mallien tekeminen on turhaa, jos ei pilareita ole sijoitettu kartalle. Kun pilarikentät ja mallit on tehty, on varsin helppoa tehdä aineisto, josta on apua tarjouslaskentavaiheessa. Sellaisia aineistoja voivat olla apukuvat sekä avustava aineisto, josta kerrotaan myöhemmin. Näistä tiedoista on sen takia apua, koska tarjouslaskentavaiheessa mietitään myös työvaiheita, säiliöiden ja kaluston sijainteja, siirtoja sekä työtehoja.

4 Aineistot

4.1 Lähtöaineisto

Lähtöaineistosta voidaan harvemmin tehdä suoraan stabilointitöitä. Joissain suunnitelmissa on stabiloitavan alueen nurkkapisteet merkitty. Tällöin ei voida kuitenkaan stabilointitöitä tehdä, sillä pilarit on sijoitettava alueen sisäpuolelle. Olipa sitten kyseessä tikuttamalla tai koneohjauksella tehtävä työ, on jokaiselle pilarille muodostettava koordinaatit. Lähtöaineistona voi olla kaikenlainen materiaali josta saa minimitiedot. Työläimmät aineistot ovat paperikuvat ja pdf-tiedostot, koska silloin on syötettävä rajatiedot koordinaattien avulla ja pilarikentät suunniteltava alusta asti.

Onneksi useimmiten stabiloitavan alueen suunnitelma on tehty jollain cad-suunnitteluohjelmalla, jolloin suunnitelmakuvassa on mukana vähintään stabiloitavan alueen rajatiedot, mutta yleensä muutakin hyödyllistä tietoa esim. rakennuksia, johtotietoja ja pohjakartta. Se onko siellä valmiiksi suunniteltuja pilarikenttiä tai aineistoa, josta voidaan tehdä malleja, riippuu suunnittelijasta/tilaajasta. Lähtöaineistoina saadaan harvoin valmiina olevia malleja. Sellaisia projekteja, joista niitä voi saada, ovat ns. suunnittele ja toteuta -tyyppiset hankkeet. Mitään turhaa aineistoa ei periaatteessa ole, aineistoa jota ei omaan käyttöön tarvitse, voidaan poistaa ja loput muokata itselleen ja projektille sopivaksi. Vähimmäistietoina on oltava pilarijako ja stabiloitava alue.

4.2 Muokkaus

Poikkeuksetta voidaan todeta, että aineistoa on aina muokattava tavalla tai toisella, varsinkin jos haluaa, että stabilointikuvat ovat selkeitä. Mitä enemmän aineistoa halutaan stabilointikuvalle näkyviin, sitä enemmän sitä joutuu muokkaamaan. Yksi tärkeimmistä toimenpiteistä on samojen pisteiden poistaminen. Stabiloitavan alueen pilarit tehdään usein kopioimalla ympyröitä viereisestä rivistä, tällä tavalla laajennetaan kenttää. Tällöin käy helposti niin, että vahingossa kopioidaan samoja ympyröitä toisten ympyröiden päälle. Jos samojen pisteiden poistamista ei tehdä, saadaan virheellisiä tilastoja ja sama pilari numeroidaan silloin kahteen kertaan.

Stabilointitöiden tekemiseen ja tarvittavien tietojen sekä kuvien muokkaamiseen käytetään pääsääntöisesti kolmea ohjelmaa.

Seuraavilla ohjelmilla suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

Autocad

- lähtöaineiston muokkaus
- pilarikenttien suunnittelu
- kuvien ja pilarikenttien jaottelut
- stabilointikuvien piirtäminen
- tulostuskuvat ja tulostaminen

3D-Win

- maasto ja muut mallit
- liukuvärikartta
- pilaripituusaineistot
- pilareiden järjesteleminen ja numerointi
- pilareiden tallentaminen koneohjausjärjestelmään sopivaksi
- toteumapilareiden aineistojen tarkistus

Excel

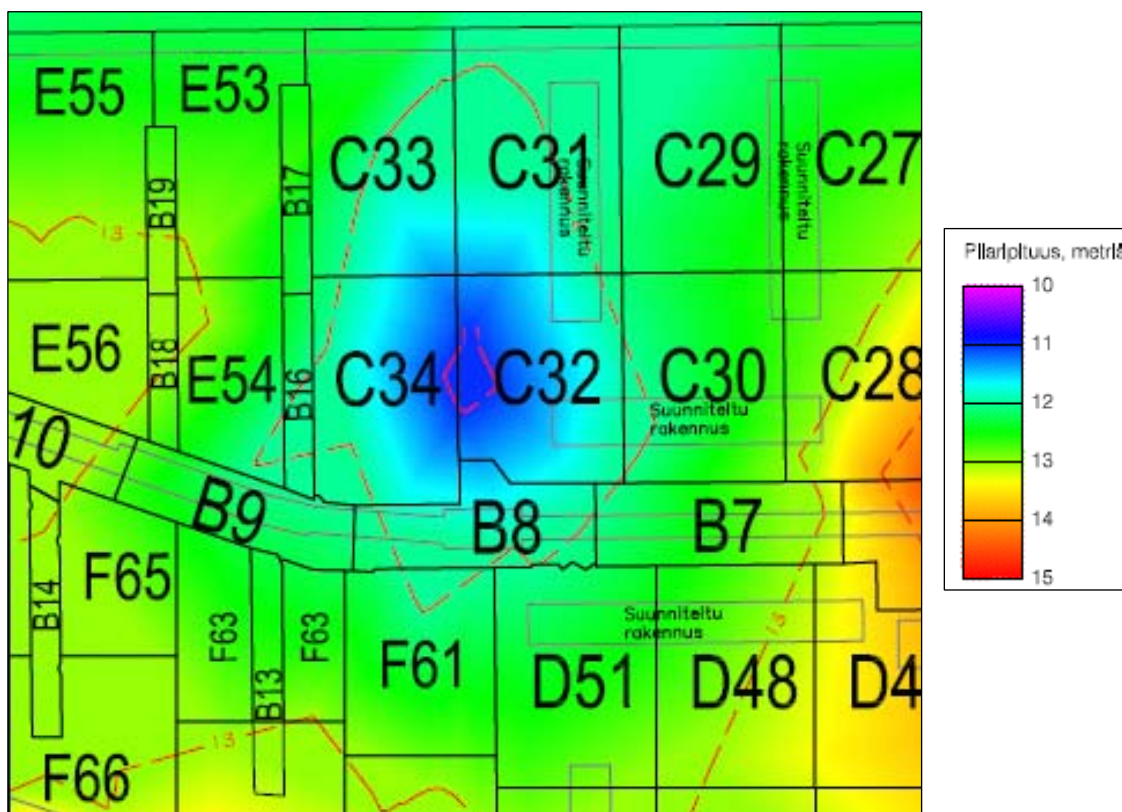
- taulukot
- tilastot
- vertailut.

4.3 Avustava aineisto

Avustavalla aineistolla luodaan lisäinformaatiota parhaimmassa tapauksessa töiden kaikkiin vaiheisiin. Näiden aineistojen puuttuminen ei estä työn tekemistä, mutta niistä on apua.

Usein lähtöaineiston mukana toimitetaan joko saven alapinnan korkeuskäyrät tai käyrästö, jossa esitetään arvioitu pilarin pituus. Näistä käytetään myös nimeä pilaripituuskäyrät, näitä tietoja on hyvä esittää työkuviissa. Selkeämpi näistä tiedoista on pilaripituuskäyrät. Tiedoista on hyötyä sekä stabilointikoneen kuljettajalle että työnjohdolle. Näiden avulla aikataulujen suunnittelu helpottuu, kun tiedetään, minkä pituisia pilareita mihinkin tehdään. Näitä tietoja esitetään yleensä metrin välein olevilla käyrillä työkuvilla sekä yleiskartalla.

Samalla mallilla voidaan luoda liukuvärikartta. Liukuväriesitystä ei yleensä esitetä työkuviissa, vaan se on erittäin informatiivinen erillisessä yleiskartassa (kuva 10). Yleiskartalla nähdään silloin yhdellä silmäyksellä, mihin tehdään pitkiä ja lyhyitä pilareita. Halutessaan voi yhdistää liukuväriesityksen ja korkeuskäyrät, jolloin korkeuserot käyvät selvemmin ilmi.



Kuva 10. Liukuvärikartta josta käyvät ilmi pilaripituudet.

Johtotiedoista eli kaapeleista, kunnallistekniikasta ja vastaavista saadaan aineistoa vaihtelevasti. Aineisto on syytä esittää kartalla, jolloin tiedetään, missä kohtaa johtojen pitäisi sijaita. Nämä aineistot ovat yleensä suurpiirteisiä, joten ne kaivetaan esille ja kartoitetaan ennen kuin mennään niiden lähelle. Vaara voi myös tulla ylhäältäpäin. Stabilointikoneen pystypuomin korkeus maanpinnasta voi olla jopa 24 metriä riippuen koneesta. (3.) Tämä tarkoittaa sitä, että ilmajohtojen alle ei voi stabilointikoneella mennä. Korkeimmillaan johtimet ovat 400 kV:n sähköverkon linjassa ja silloinkin niiden etäisyys maasta saa olla minimissään 8 metriä. Varoetäisyydet (mikään koneen, kuorman tai taakan osa ei saa vahingossakaan alittaa näitä etäisyyksiä) ovat 5 metriä sivuille ja 4 metriä johtimien alla. (4, s. 12.)

Kaikenlaisen maanalaisen tiedon esittäminen on tärkeää. Jos maan sisällä on jotain, mistä ei tiedetä, se voi pahimmassa tapauksessa vääntää sideainetta syöttävän pystyputken kieroksi tai vahingoittaa sekoittajaa, jolloin ne ovat sen jälkeen käyttökelvottomia.

Erilaisten paalujen ja ponttien (esim. betonipaalu tai teräspontti) sijainnit merkitään työkuviin siksi että siihen kohtaan on turha tehdä pilaria. Stabilointipilari kovettuu ajan myötä niin kovaksi, että siihen kohtaan on hankala tai jopa mahdotonta tehdä paalu tai pontti sen jälkeen.

Jos mittalinjojen paalutustietoja on saatavilla, on niitä hyvä esittää kartalla. Silloin on helpompi hahmottaa, missä kohtaa suunnitelmaa ollaan stabiloimassa. Myös työnjohdolla on helpompi mainita raporteissaan, missä kohtaa suunnitelmassa on tehty pilareita.

Pohjakarttaa ja muuta informatiivista aineistoa voidaan esittää harkinnan mukaan työkuissa. Yleiskartassa jompaakumpaa tai molempia usein esitetäänkin. Työkuissa näiden tietojen esittämisellä voi selventää kuljettajalle, miksi pilari on juuri siihen kohtaan suunniteltu. Jos pilaria joudutaan siirtämään, voidaan helpommin päättää mihin kohtaan se kannattaa tehdä. Usein työkuissa esitetäänkin rakennusten reunoja ja paalutuksia juuri tämän takia. Kuvan 11 vasemmalla puolella nähdään tilanne, josta ei käy ilmi, miksi pilarikentässä on aukkoja. Oikeanpuoleiseen kuvaan on lisätty tulevan rakennuksen perustus ja vinopaalut, jotta työkuva lukijalle välittyy tieto siitä, miksi pilareita puuttuu stabilointikentästä tai miksi niitä on siirretty. Kohteen stabilointi toteutettiin jättämällä rakennuksen perustusten ja vinopaalujen kohdilta pilarit tekemättä.



Kuva 11. Taustakartan merkitys työkuvaissa.

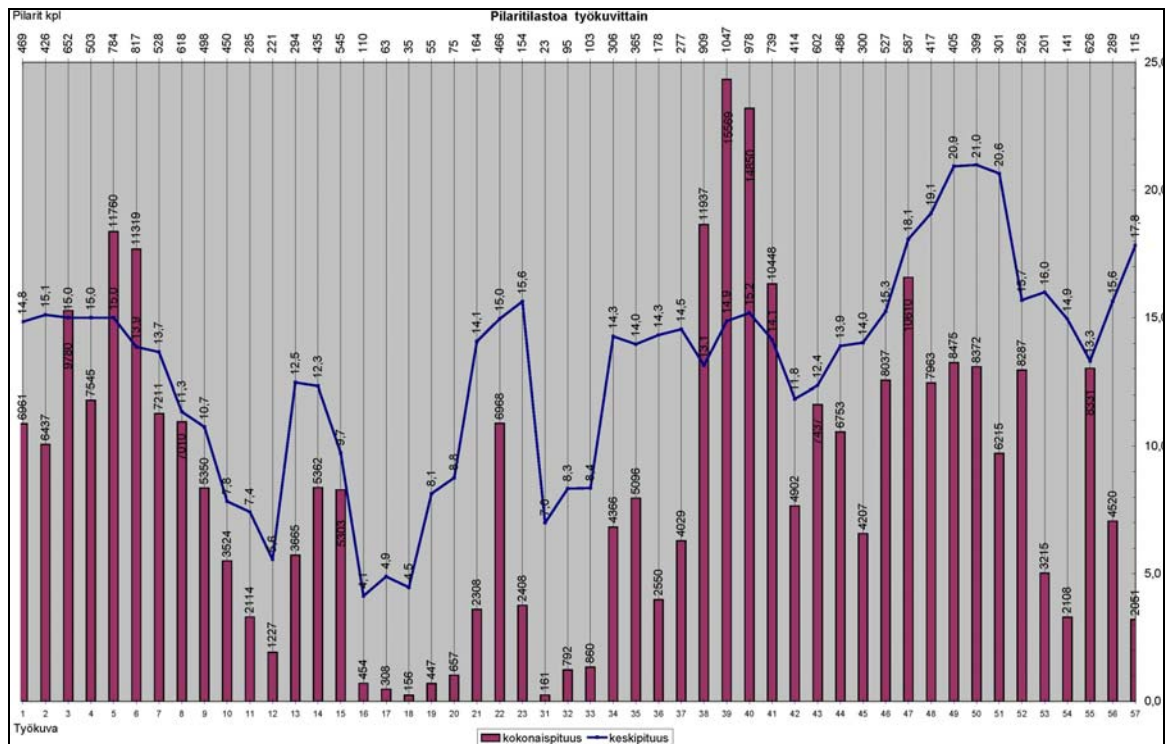
Excelillä luodaan tilastollista aineistoa sekä tarkempaa tietoa stabilointipilareista. Tämä kannattaa tehdä, mikäli löytyy tarvittavat aineistot. Lähtöaineistona tarvitaan pilarit jaettuna jokaista työkuva kohden sekä maastomalli(t) riippuen aineistosta. Kun 3D-Win-ohjelmalla on muodostettu jokaiselle pisteelle maanpinta, saven alapinta tai pilaripituus, voidaan näillä tiedoilla tehdä taulukoita ja diagrammeja.

Hyväksi havaittu toiminto yhteenvetojen tekemiseen on Excel-ohjelman pivot-toiminto. Taulukko 1 esittää otteen projektista, jossa pilareista on laskettu tilastoa työkuvin. Näitä tietoja voidaan laskea ja muokata käyttäjän haluamien tarpeiden mukaan. Koska jokaisesta pilarista on pituustiedot, voisi sitä vaikka halutessaan laskea työkuva kohti pilaripituuksien prosenttiosuuksia esim. kuvassa 1 on 14,5 metrin pilareita 58 % kaikista pilareista.

Taulukko 1. Numeerista tietoa stabiloitavasta alueesta.

Työkuva	pilarit kpl	pilaripituus	lyhyin pilari	pisin pilari	keskipituus
1	469	6961	14,2	15,2	14,8
2	426	6437	15,0	15,8	15,1
3	652	9780	15,0	15,0	15,0
4	503	7545	15,0	15,0	15,0
5	784	11760	15,0	15,0	15,0
6	817	11319	12,0	15,0	13,9
7	528	7211	12,3	14,8	13,7
8	618	7010	10,0	14,0	11,3
9	498	5350	9,4	11,0	10,7
10	450	3524	7,0	10,5	7,8

Näiden edellä mainittujen tietojen lisäksi on mahdollista tehdä diagrammiesitys (kuva 12). Jokaiselle työkuvalle on ilmoitettu diagrammin yläreunassa, montako pilaria kuvassa on. Alareunasta löytyy työkuvan numero. Punaisilla pylväillä kuvataan stabilointipilareiden kokonaispituutta ja sinisellä viivalla keskipituutta, näiden esityksien lisäksi tiedot on ilmoitettu lukuina. Tällä tavalla on pyritty suhteelliseen yksinkertaiseen mutta samalla informatiiviseen esitykseen.



Kuva 12. Diagrammiesitys pilaritiedoista.

Samoin kuin avustavia aineistoja tehdään työn avuksi, voisi vastaavasti toteumatiedosta muodostaa stabilointityömaasta ja sen olosuhteista kertovaa todellista aineistoa. Tapauksessa jossa tiedossa on todellinen pilaripituus, olisi mahdollista muodostaa kartta siitä, miten pitkiä pilareita on tehty, ja/tai verrata niitä tietoihin, miten hyvin ne pitävät paikkaansa suunnittelijalta tullessiin tietoihin. Tässä oli vain muutama esimerkki.

4.4 Mallit

Maapinta

Maanpinnan tietoja saadaan yleensä cad-kuvan mukana. Se voi olla piste tai teksti, jolla on korkeus; usein se on kuitenkin teksti, jolla ei ole korkeutta. Korkeus voidaan kuitenkin silloin luoda helposti 3D-Win-ohjelmalla. Ohjelma sisältää automaattitoiminnon, joka osaa muodostaa tekstin kohdalle pisteen, jolla on korkeus, korkeus määritellään kirjoitetusta tekstistä. Automaattitoiminnon puuttuessa pitäisi korkeus syöttää jokaiselle pisteelle yksitellen. Mallia tehdessä pitää huomioida, että stabilointikone pystyy työskentelemään vain suhteellisen tasaisella alustalla. Jos siis

nykyisessä maanpinnassa on oja tai suurempia kuoppia, ne jätetään pois mallista. Nämä kohdat tasoitetaan joka tapauksessa työmaalla. Riippuen maastosta voidaan myös maanpinnasta poistaa pintamaa ennen stabiloinnin aloittamista.

Saven alapinta

Saven alapinnasta tai pilaripituuksista löytyy lähes aina korkeuskäyrät cad-kuvassa. Harvemmissa tapauksissa joudutaan saven alapinta tulkitsemaan pituus/poikkileikkauksista. Tällöin pitää mitata, missä kohtaa ja millä korkeudella stabilointipilarin tavoitesyvyys on piirretty leikkauksessa. Tämä tieto viedään kartalle muodostamalla siihen kohtaan piste, jolla on korkeus. Tämä toistetaan niin kauan, että saadaan muodostettua suunniteltu saven alapinnan malli.

Pilarin pituus

Pilarin pituudet ilmoitetaan aina korkeuskäyrinä. Näillä käyrillä on joskus korkeus ja toisinaan ei. Käyrien vierestä löytyy yleensä aina korkeuslukema tekstinä, jolloin korkeuden voi antaa käyrälle. Jos ei pilaripituuskäyriä löydy kuvasta ja tiedossa on maanpinnan ja saven alapinnan malli, voidaan näistä kahdesta muodostaa 3D-Win-ohjelmalla eropintamalli. Eropintamallia kutsutaan toisella nimellä pilaripituusmalliksi, josta voidaan muodostaa pilareiden pituuksista kertovia korkeuskäyriä ja liukuvärikartta.

5 Koneohjaus

Stabilointikoneiden koneohjaus on nykypäivää. Perinteiseen tikuttamiseen ei olla siirtymässä takaisin, koska koneohjauksesta saatu hyöty on sen verran suuri. (3.) Järjestelmä on ns. opastava; tällä tarkoitetaan, että kone ei itsenäisesti sääda tai ohjaa itseään, vaan se on kuljettajan tehtävä.

Koneohjauksessa ratkaistaan koneen ulkoinen ja sisäinen sijainti. Ulkoisessa se tehdään GNSS-vastaanottimien ja korjaussignaalin avulla, sisäinen taas antureiden avulla. (5, s. 17.)

Stabilointikoneeseen sijoitetulla Novatronin Vision 3D-koneohjausyksikön näytöstä nähdään stabiloitavat pilarit (kuva 13). Pilareiden teoreettinen sijainti siirretään yksikköön useimmiten usb-muistin avulla, josta rakentuu kuva pilarikentästä ja numeroista. Näiden tietojen avulla kuljettaja osaa kohdistaa terän oikeaan kohtaan. Pilarin valmistuttua tallennetaan sen todellinen sijainti.

Kuvan 13 keskellä nähdään pilari ja sen numero 272, joka on parasta aikaa työn alla. Samalla kohdalla olevien ympyröiden vihreä väri kertoo sekoitinkärjen olevan 10cm:n etäisyydellä pilarin keskipisteestä. Etäisyys on määriteltävissä. Ympyröiden ollessa harmaana tiedetään, että terä on liian kaukana pilarista. Pelkkä yksittäinen neliö pisteen 251 kohdalla tarkoittaa, että sitä ei ole vielä tehty. Valmiiden pilareiden ympäri piirretään syyaanin värinen lisäneliö. Näin ollen samaa pilaria ei voida tehdä vahingossa toistamiseen. Tällaista voi tietenkin tapahtua tilanteessa, jossa ollaan huolimattomia, kun 2 konetta stabiloii samalla työkuvalle.



Kuva 13. Novatronin Vision 3D -näyttöpääte.

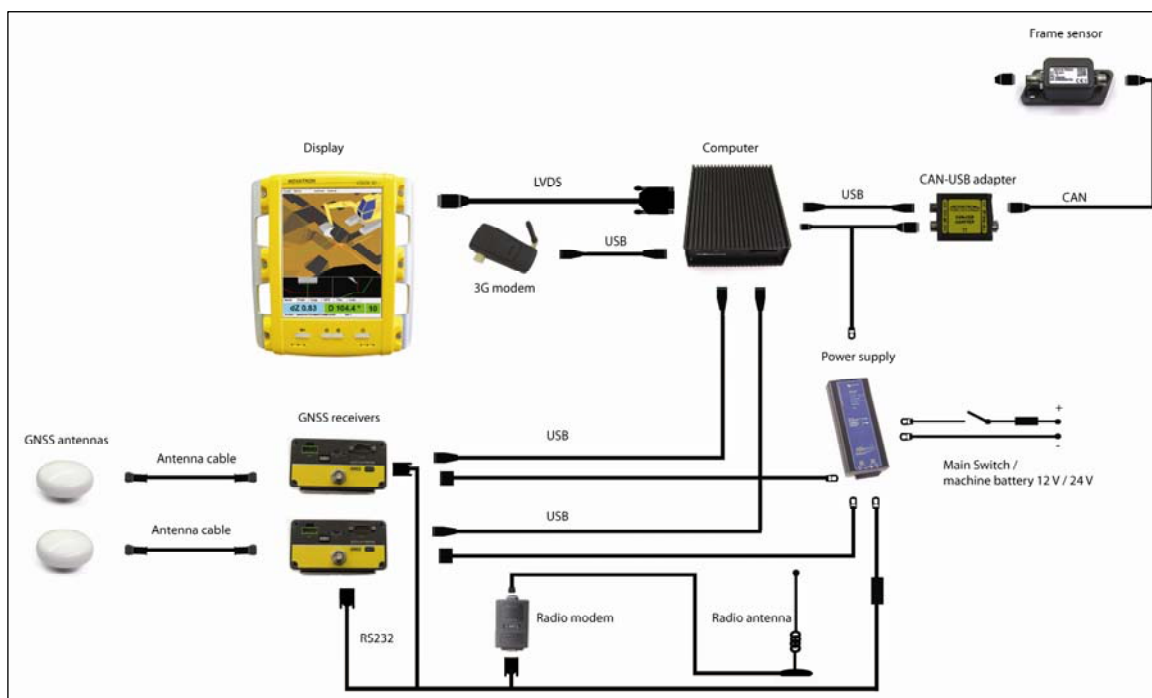
5.1 Stabilointikoneen koneohjausjärjestelmä

Stabilointikoneen järjestelmän osat selittyvät helpoiten (kuva 14) avulla. Kiihtyvyyssanturi (frame sensor) on kiinnitetty stabilointikoneen pystypuomiin. Tämä sensori ilmoittaa puomin asennon järjestelmälle, ja jonka tieto muunnetaan tiedonmuuntimen (CAN-USB adapter) avulla muille järjestelmille sopivaksi. 3G-modeemin avulla saadaan langattomasti yhteys koneeseen. Yhteyden avulla voidaan huollosta nähdä sama näkymä kuin kuljettajalla, jolloin avun antaminen helpottuu. Tiedostojen siirto molempiin suuntiin tehdään palvelimen kautta. (6.)

Radiomodeemin avulla kone on yhteydessä tukiasemaan joka lähettää korjaussignaalia. 3G-modeemia käyttämällä on mahdollista saada korjaus Internetin kautta Smartnet- tai VRS-verkkopalveluista. (6.)

Satelliittivastaanottimia on stabilointikoneen perällä 2 kpl, toinen on paikka-anturi ja toinen suunta-anturi. Vastaanottimia on sen takia 2 kpl, jotta koneen suunta olisi selvillä. Stabilointikoneet liikkuvat vain vähän kerrallaan, joten ongelmana yhden vastaanottimen kanssa olisi se, että koneen pitäisi aika ajoin pyörähtää vähintään 90°. Tällöin järjestelmä tietää, missä ilmansuunnassa kone sijaitsee. (6.)

Onnettomuuden riski on aina suurempi mitä enemmän kone liikkuu työmaalla. Konetyypistä riippuen ei pyörähtäminen ehkä edes onnistu. Joissain stabilointikoneissa sideainesäiliöt eivät sijaitse varsinaisesti koneessa, vaan ovat erillinen säiliöyksikkö, joka on kiinnitetty letkuilla koneeseen. Koneen liikkeessa säiliöyksikkö pysyy paikoillaan, mikä tarkoittaa, että koneen olisi erittäin hankala pyörähtää aika ajoin tarvittavat 90°.



Kuva 14. Stabilointikoneen koneohjausjärjestelmän periaatekaavio. © Novatron Oy (5).

5.2 Järjestelmän aineistot

Aineisto on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin esim. kaivinkoneen. Jotta kaivinkone voisi tehdä työnsä koneohjauksen avulla, tulee pinnasta tehdä kolmiulotteinen malli. Näin ei ole stabilointikoneen aineiston kanssa; tiedoksi riittää työkuva ja pisteen numero, jolla on x-sekä y-koordinaatti.

Selkeyden takia jokaiselle työkuvalle tehdään oma tiedosto. Tämä tarkoittaa, että jos kohteessa on 14 työkuva, tehdään myös 14 pilaritiedostoa. Stabiloitavan pilarin tiedot ilmoitetaan pisteenä. Tiedostot tallennetaan 3D-Win-ohjelmassa formaatin muuntimen avulla gt-formaattiin.

GT-formaattia sisältävä tiedosto on ASCII-tiedosto, jota pystyy editoimaan yksinkertaistenkin tekstinkäsittelyohjelmien avulla. Kuitenkin on pidettävä huolta, että tiedot on kuvattu oikeassa järjestyksessä ja muodossa. (7.) Tiedostoa voi helposti muokata Excelillä, notepadilla tai 3D-Win-ohjelmalla.

3D-Win-ohjelmassa pisteille voidaan antaa lisätietoja koordinaattien lisäksi (Kuva 15). Näkyviä kenttiä (jotka on nimetty T1–T6) kutsutaan koodikentiksi. Näitä kaikkia käytetään lukuun ottamatta T5-kenttää, jota ei tarvita edellä kerrotuissa vaiheissa.

Kuva 15. koodikenttien editointi ikkuna 3D-Win-ohjelmassa.

Seuraavaksi käydään läpi, miten rakennetaan 3D-Win-ohjelman avulla koneohjaukseen soveltuva tiedosto. Alla on kerrottu, mitä koodikentät tarkoittavat, sekä miten ne sijoittuvat gt-formaatissa, joka on avattu notepad-editorissa.

T2 3D-Win-ohjelma muodostaa automaattisesti kenttään nollan

T3 työkuvan numero

T4 pisteen numero

X x-koordinaatti

Y y-koordinaatti

Z h-korkeus

T2	T3	T4	X	Y	Z
0	32	420	25335.098	58758.466	0.000
0	32	421	25335.899	58761.811	0.000
0	32	422	25336.027	58760.517	0.000
0	32	423	25336.155	58759.223	0.000

5.3 Koneen tuottamat aineistot

Koneohjausjärjestelmä rekisteröi jokaisesta tehdystä pilarista koordinaatit sekä numeroi pisteen juoksevalla numerolla. Stabilointikoneissa on koneohjaukseen liittyen vielä erillinen ohjelma, jolla kerätään erinäistä tietoa pilarin tekovaiheista ja maaperän olosuhteista. Tämän ohjelman ilmoittaessa Novatronin järjestelmälle pilarin tehdyksi tallennetaan siitä kohtaa toteumatieto pilarin sijainnista. Tarketiedostot tallennetaan koneohjausjärjestelmän muistiin, josta ne saadaan työkuvittain ulos. Koneohjauksen ja koneen tuottamien aineistoja vertaamalla on mahdollista ratkaista terän alapinnan korkeuslukema, eli pilarin alapään h. Järjestelmästä haetaan tarketiedosto ja se nimetään halutunlaiseksi esim. KC9_32, jolloin tiedetään, että stabilointikone KC9, on tehnyt nämä tiedostossa olevat pilarit työkuvalla 32.

Koneohjausjärjestelmän pilarille tallentamat tiedot:

T1 järjestelmän tekemä juokseva numerointi

T2 tähän ei tallenneta tietoja

T3 tehty pilarin numero

X x-koordinaatti

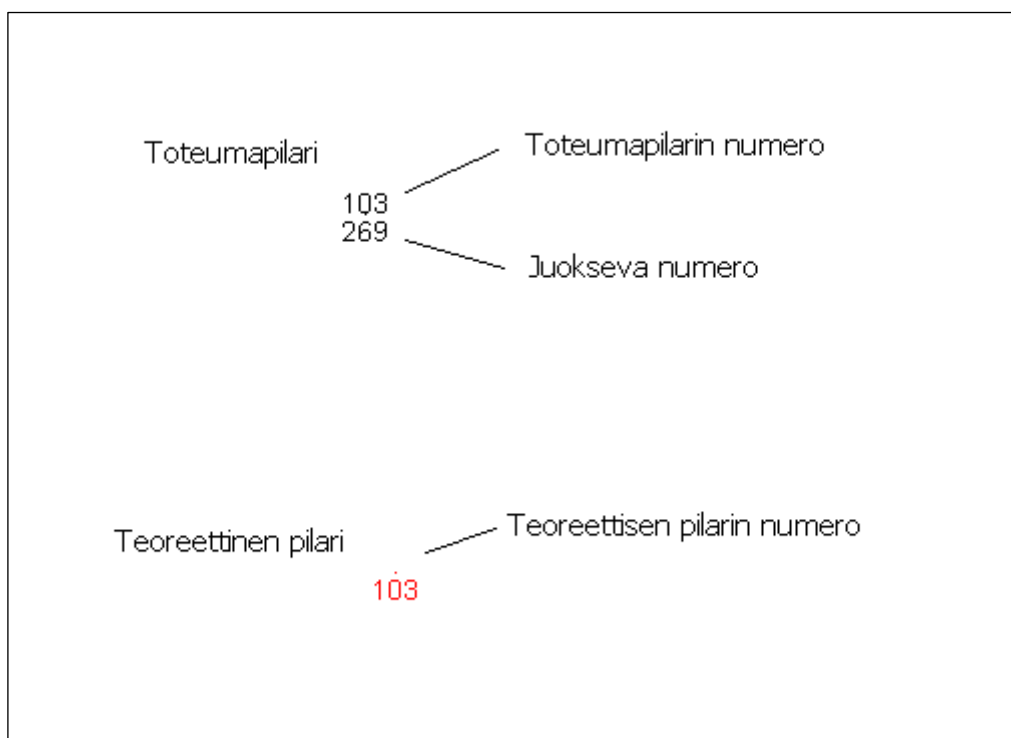
Y y-koordinaatti

Z h-korkeus

T1	T2	T3	X	Y	Z
30		420	25309.669	58763.863	11.681
31		421	25309.828	58762.599	11.650
45		422	25310.808	58763.324	11.660
44		423	25310.767	58764.492	11.697

Näitä toteumatietoja käytetään toteumakuvien tekemisen lisäksi esim. vertailujen ja tilastojen laatimiseen.

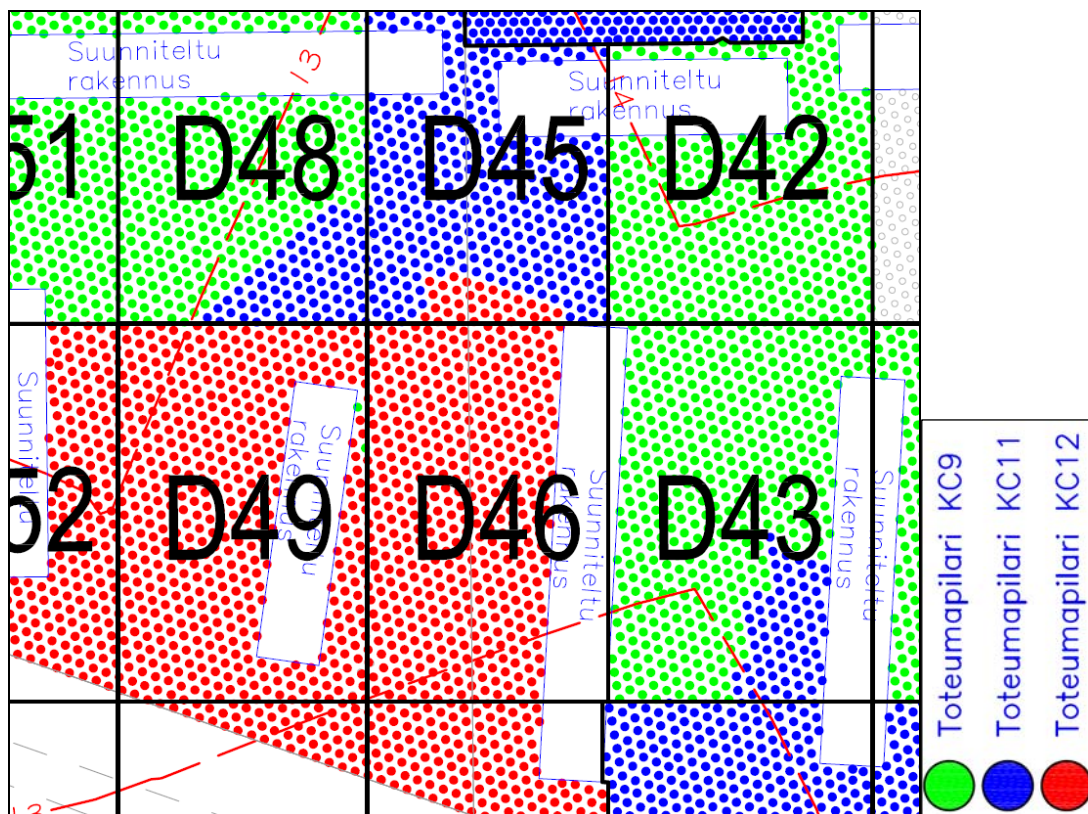
Vertailu toteutuneeseen ja teoreettiseen on tehtävä aina. Tällä tavalla saadaan varmuus siitä, onko aineistossa virheitä tai muita poikkeavuuksia. Vertailut tehdään 3D-Win-ohjelman avulla. Helpoiten tarkastelu onnistuu, kun ohjelmassa määritellään toteumatiedoille ja teoreettisille eri värit. Valitsemalla oikeat koodit näkyviin voidaan tarkastus tehdä suhteellisen helposti. Toteumatietojen tekemisen apuna käytetään kuljettajalta saatuja toteumakuvia.



Kuva 16. Teoreettisten ja toteumapilareiden vertailu.

Kuvassa 16 on näkymä 3D-Win-ohjelmasta. Mustalla värillä näkyvät luvut ovat toteutuneen pilarin tietoja ja punaisella värillä suunniteltu pilari. Toteumatiedossa ylempi luku on toteutuneen pilarin numero (T1-kenttä), ja alempi luku on järjestelmän tekemä juokseva numero (T4-kenttä). Tarkastelemalla että toteumatiedon ylempi luku on sama kuin punaisella oleva tiedetään, että kyseessä on sama pilari. Tämä pilari ei yleensä sijaitse kovinkaan etäällä teoreettisesta muutoin kuin siinä tapauksessa, että kun pilaria on siirretty. Kuvassa esitettyjen pilareiden välinen etäisyys oli tässä tapauksessa 4,82 cm.

Kun tarketiedostot on nimetty järkevästi, voidaan tarkistuksen jälkeen tehdä suhteellisen pienellä vaivalla kuvan 17 mukainen esitys. Kohteessa oli 3 eri stabilointikoneetta tekemässä pilareita, jotka on nimetty yhdistelmillä KC9, KC11 ja KC12. Kuvalla esitetään eri väreillä, mitä pilareita stabilointikoneet ovat tehneet.



Kuva 17. Konekohtainen toteumapilarien esitys.

5.4 Tulevaisuus

Tulevaisuus stabiloinnissa tulee olemaan mielenkiintoinen, mikäli POHVA-hankkeissa tutkitut menetelmät toteutuisivat. Vielä on kuitenkin asioita ratkaisematta. Seuraavaksi käydään läpi asioita, joita on havaittu tähän asti tehdyissä tutkimuksissa.

Viimeisin aiheeseen liittyvä projekti on todennäköisesti POHVA2-projekti, joka päättyi keväällä 2011. Projekti oli jatkoa POHVA1-projektille.

POHVA1-projektissa kehitettiin menetelmiä optimoida maaperästä mitattujen tietojen (mm. vastusluotaukset) avulla sideainemäärää niin, että saavuttaisiin mahdollisimman hyvä kantavuus ja säästettäisiin sideainekustannuksissa. POHVA1- projektissa tähän kehitettiin laskentamalleja, joita voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa hyödyntää tulevaisuudessa siten, että maaperätutkimuksista saatava mittaustieto tuodaan CAD-ohjelmaan, ja laskentamallien perusteella lasketaan jokaiselle pilarille optimaaliset sideainemäärät eri kohdissa pilaria. Periaatteessa siis jokainen pilari olisi yksilöllinen, maaperätietojen ja suunnittelijan antamien tietojen perusteella optimoitu. (8.)

Tarkoilla maaperän ominaisuustiedoilla voitaisiin jo suunnitteluvaiheessa yksilöidä pilari. Tänä päivänä pilaripituudet vaihtelevat, koska ne tehdään pehmeän savikerroksen alapintaan, sideaineen syöttö taas ei. Tällä tarkoitetaan maahan puhallettavan sideaineen määrää pilarimetriä kohden. Määrä on usein sama koko stabiloitavalla alueella. Silloin sideainetta syötetään maahan saman verran, olivatpa maan olosuhteet minkälaiset tahansa.

Tietämällä maaperästä enemmän voisi tulevaisuudessa stabilointikoneen tietokone säätää sideaineen määrää automaattisesti eri kohdassa pilaria. Näin saataisiin tavoitettu kantavuus ja säästettäisiin samalla sideaineissa. Tämä tarkoittaa, että koneen järjestelmien on oltava pitkälle automatisoituja, kuten ne ovatkin osittain tänä päivänä. Näitä asioita on tutkittu POHVA2-projektissa.

Lisäksi tarvitaan työkone, joka pystyy automaattisesti tekemään pilareita suunnitelman mukaisesti. Tätä tutkittiin POHVA2-projektissa. Nykyiset pilaristabilointikoneet, joita mekin käytimme testeissä, ovat sideaineen syötön osalta jo pitkälle automatisoitu. Muutos tähän olisi, että CAD-ohjelmasta saatava pilarointisuunnitelma olisi nykyistä yksityiskohtaisempi. (8.)

Itse stabilointikoneessa sijaitseva tietokone kerää nykyaikana erinäistä tietoa, maanperän olosuhteista, sideaineen syötöistä ja sekoittajan pyörimisnopeuksista. Koneohjausjärjestelmän tehtävänä on esittää näytöllä, mihin kohtaan pilari on tarkoitus tehdä sekä tehdyn pilarin sijainnin tallentaminen. Nämä kaksi järjestelmää toimivat

erillään toisistaan lukuun ottamatta hetkeä, jolloin koneen järjestelmä ilmoittaa koneohjausjärjestelmälle pilarin olevan valmis. Itse pilariin pitäisi saada enemmän informaatiota, jotta sen yksilöinti onnistuisi. Koneen itsenäisessä liikkumisessa ei ole nähty vielä tänä päivänä koituvan suurta hyötyä kuten käy ilmi seuraavassa.

Koneiden liikkeiden automatisointia tutkittiin myös simuloinnilla. Liikkeiden automatisointi on teknisesti täysin mahdollista, mutta esim. automaattisella asemoinnilla ei kovin suurta hyötyä ole saavutettavissa, koska asemointiin käytettävä aika on niin pieni osuus syvästabiloinnin kokonaisajasta. Kuljettajaa voidaan kuitenkin avustaa pilarien asemoinnissa GPS-pohjaisella järjestelmällä, ja tämä vähentää työmaalla tarvittavien merkintöjen määrää. Tähän tarkoitettuja kaupallisia järjestelmiä on jo olemassa. (7.)

Tikutusta ei tänä päivänä tehdä, joten sille työvaiheelle ei lasketa kustannuksia. Kuljettaja näkee koneohjausjärjestelmän näytöllä, mihin kohtaan pilari pitää tehdä. Suurin osa stabilointityön ajasta kuluu sideaineen tankkauksesta stabilointikoneeseen sekä pilarin teossa, eli siinä vaiheessa, kun sideainetta syötetään maahan. Pilarilta toiselle siirtyminen vie vain vähän aikaa näihin nähden. Jo olemassa olevien tekniikoiden avulla olisi mahdollista toteuttaa automaattisesti liikkuva stabilointikone. Yksi asia olisi ainakin että suunniteltaisiin jo toimistolla työvaiheet, jotta kone tietää missä järjestyksessä pilarit pitää tehdä. Toinen asia on, että koneen järjestelmät eivät osaa toimia keskenään automaattisesti. Oleellinen osa pilarin vahvuudesta on, että sideainetta onnistutaan syöttämään tasalaatuisesti joka kohtaan suunnitellun mukaisesti. Näitä asioita on valvottava erilaisilla antureilla ja mittareilla. Tätä tutkittiin myös POHVA2-projektissa.

POHVA2-projektissa tutkimme myös menetelmiä, joilla sideaineen syötön tarkkuutta voisi parantaa. Yksi perusongelma on sideaineen virtausmittauksen perustuminen punnitukseen. Sideaineen virtauksen tasaisuudesta on hankala saada tietoja. Yritimme ratkaista tätä mm. mittaamalla sideaineen virtausta mikroaaltotekniikkaan perustuvalla anturilla suoraan putkesta, mutta anturin mitta-alue ei ollut riittävä syvästabilointiin. Tältä osin jäi vielä paljon tehtävää. (8.)

Sideaineen sekoituksella on suuri merkitys pilarin lujuuteen ja tasalaatuisuuteen. Oleellisimpia asioita ovat sideaineen syötön tasaisuus ja hallittavuus, riittävän tehokas sekoitustyö sekä paineilman käytön minimointi. Sideaineen syöttömäärä rekisteröidään nykyisin yleensä 0,2 metrin mittaista pilarinosaa kohden. Mittaus perustuu yleensä säiliön massan vähenemiseen sideainetta syötettäessä, mikä asettaa rajoitukset todelliselle mittaustarkkuudelle. Erillinen säiliö saattaa parantaa tarkkuutta, kun koneen liike ei häiritse punnitusta. Tyypillisesti nykyisin päästään noin 1 kg mittaustarkkuuteen pilarimetriä kohden. (9, s. 11.)

Nykyään sideainesyöttöä seurataan mittaamalla minkä verran sideainetta säiliöstä poistuu. POHVA-2 projektissa on kartoitettu menetelmiä, joilla menekkiä saisi mitattua luotettavammalla tavalla kuin nykyään. Ongelmana on reaaliaikainen sideainesyötön seuranta, varsinkin häiriötilanteissa. Teknologia on jo olemassa, mutta sitä ei ole vielä saatu ratkaistua tarpeeksi luotettavalla tavalla. (10.) Stabilointikoneella voi olla iso rooli tulevaisuudessa toimia maaperän olosuhteiden tutkijana. Toisin sanoen kairauskoneena samaan aikaan kun maaperää vahvistetaan. Tutkimuksissa on nähty tämä mahdollisuus, mutta tulosten tarkkuus on vielä tutkimatta kuten käy ilmi seuraavassa.

Lisäksi tutkimme mahdollisuutta käyttää syvästabilointikoneita maaperän ominaisuuksien tutkimiseen. Kokeilimme, voiko koneesta mitatuista pyöritysmomenteista ja alaspainamisvastuksesta tehdä päätelmiä maaperän ominaisuuksista. Tämä näyttäisi olevan mahdollista, mutta saavutettujen tarkkuuden arviointi on vielä hieman kesken. Jos maaperän ominaisuuksien mittaaminen onnistuu, syvästabiloinnin aikana saadaan suuri määrä mittaustuloksia, esim. 10 000 "kairaus" syvästabilointikoneella. Näitä voisi olla mahdollista hyödyntää sideainemäärän optimoinnissa, eli kone toimisi samalla maaperän tutkimuslaitteena. Tämä on yksi tulevaisuuden mahdollisuus, jossa olisi vielä tehtävää. (7.)

Joka kerta kun kärki työnnetään maahan, syntyy siitä periaatteessa kairaus. Tämä on nykyään mahdollista, kunhan saadaan tutkittua enemmän, onko informaatio luotettava. Kairauksia tulisi työmaata kohden valtava määrä. Näitä tietoja hyödyntäen saataisiin pilari yksilöityä. Tarkoituksena olisi joskus tulevaisuudessa, että joka kerta, kun sekoitinkärki painuu maahan, se rekisteröi maaperän olosuhteet ja laskee jokaiselle pilarille optimaalisen sideainemäärän. Tämä kaikki siis tapahtuu työmaalla reaaliajassa.

Pilareiden lujittuminen mitataan nykyään kairausten avulla suunnittelijan määräämällä tavalla ns. pistokokeina. Pilaria ei voida samalla tavalla tarkastella kuin esim. paalua. Paalua voidaan testata jo tehtaalla, jotta se on vaaditunlainen ennen kuin se lyödään maahan. Kalkkisementtipilarissa näin ei voida menetellä, koska pilari tehdään suoraan maahan. Tulevaisuuden visiona olisikin, että tilaaja ja suunnittelija saisivat enemmän pilarin tekemisestä kertovaa aineistoa ja että olisi mahdollista seurata stabilointikoneen keräämiä tietoja reaaliajassa. (9.)

6 Koneohjauksen luotettavuus

6.1 Virhelähteet

Virhelähteet voidaan jaotella kahteen osaan: koneohjausjärjestelmään liittyviin ja inhimillisiin. Koneohjausjärjestelmään liittyvät sellaiset asiat kuin, satelliittijärjestelmät ja laitteet. Inhimillisiä virheitä on minimoitu näytössä olevan kohdistimen ansiosta, jolloin pilaria ei ole mahdollista tehdä väärään paikkaan kuin tarkoituksella. Suunnittelijan rooli korostuu tässä enemmän, koska tikutus on jäänyt pois. Stabilointikone käy tunnetuilla pisteillä tekemässä tarkistuksia aika ajoin, jolloin saadaan varmistus siitä, että järjestelmä ja sijaintitarkkuudet ovat kunnossa. Tämä ei sulje pois sitä, että pilareita tehtäisiin kuitenkin väärään paikkaan. Näin voi käydä, mikäli suunnittelija on suunnitellut kentät väärin. Tikutuksen aikaan saattoi mittamies huomata mikäli kentät eivät täsmänneet annettuihin mittoihin. Tämä tarkoittaa sitä, että toimistolla tehtävässä suunnittelussa on oltava erittäin huolellinen. Stabilointikone tekee pilarin siihen kohtaan, johon järjestelmä kuljettajan opastaa, oli se sitten oikein tai väärin. Stabilointikoneet tekevät usein töitä alueilla, joissa ei varsinaisia rakenteita ole lähistöllä ja joista voisi huomata, että sijainti ei pidä paikkaansa.

6.2 Sijaintipoikkeama

Sijaintipoikkeama vaakasijainnissa toteutuneen pilarin kohdalla on määritelty InraRYL:ssä, jossa ohjeistetaan seuraavaa:

- – pilarikenttien nurkkien suurin sallittu poikkeama suunnitelma-asiakirjojen mukaisesta sijainnistaan on 0,1 m. Pilarien suurin sallittu poikkeama vaakasijainnistaan on 0,2 m, paitsi putkijohtojen alla se on 0,1 m kuitenkin siten, että kahden vierekkäisen pilarin välinen etäisyys ei poikkea suunnitelma-asiakirjojen mukaisesta enempää kuin 0,2 m. (11.)

Stabiloitavan alueen reunoilla saa pilarin sijainti poiketa teoreettisesta maksimissaan 0,1 m. Normaalitapauksessa sallitaan 0,2 m:n poikkeama ja putkilinjojen alla 0,1 m, kuitenkin niin että kahden vierekkäisten pilarin etäisyys ei saa olla yli 0,2 m suurempi kuin teoreettisten välinen etäisyys.

Koneohjausjärjestelmän myötä on stabilointikoneen pilarin sijaintitarkkuus todennettavissa ja varmuus, että se tehdään oikeaan kohtaan parempi, koska järjestelmä ilmoittaa kuljettajalle, milloin sekoitinkärki on maksimissaan 10 cm pilarin keskikohdasta. Aikaisemmin pilari tehtiin tikun kohdalle, mikä oli tarkin mahdollinen tapa. Tarketieto oli silloin lähinnä suunniteltu pilari, siirtoja merkittiin paperille vain siinä tapauksessa, että pilari tehtiin selvästi sivuun suunnitellusta. Tänä päivänä tallennetaan jokaisen tehdyn pilarin todellinen sijainti. Suunnitellun ja toteutuneen pilarin vertailu on tällöin helppoa.

Jotta saadaan jonkinlainen käsitys tarkkuuksista, laskettiin kolmen eri kohteen vertailut suunniteltujen ja toteutuneiden pilareiden välillä (taulukko 2). Kohteet sijaitsevat Helsingissä ja Porvoossa, kahden ensimmäisen kohteen otanta on pienempi kuin viimeisen. Kuten huomataan taulukosta, ovat keskipoikkeamat suurimmillaan 0,058 m.

Taulukko 2. Pilareiden keskipoikkeamia.

Kohde	otanta, kpl	keskipoikkeama, m
Helsinki, Linnanpelto	2026	0,058
Porvoo, Taidetontit	847	0,053
Helsinki, Kivikon teollisuusalue	16852	0,042

7 Yhteenveto

Pilaristabilointitöiden tekemistä suunnitelmien ja aineistojen näkökulmasta on ohjeistettu InraRYL:ssä lähinnä siten, että pöytäkirjaa varten on pystyttävä tunnistamaan pilari. Toteumatiedoista vaaditaan tarkepiirustukset, joista ilmenevät pilareiden ja pilarikenttien sijainti ja numerointi. (2.) Siitä ei löydy ohjeistusta siihen, miltä stabilointikuvien on näytettävä. Stabilointikuvat ovatkin yleensä ulkoasultaan erinäköisiä eri urakoitsijoilla.

Pilarin tunnistamista varten tehdään työkuvat, joista koneenkuljettaja näkee, mitä pilaria on tekemässä. Sama asia nähdään myös koneohjausjärjestelmän näytöltä. Kuljettajan tekemiä merkintöjä työkuvin käytetään hyödyksi toteumakuvia tehdessä.

Vähimmäistietoina tarvitaan stabiloitava alue sekä pilareiden etäisyys toisistaan. Työt aloitetaan suunnittelemalla pilarit suunnitelmien mukaisesti, ellei näitä ole jo tehty. Stabiloitava alue jaetaan niin moneen pienempään osaan että koko stabiloitava alue on jaettu työkuvan näkymän kokoisiin osiin. Jokaiselle kuvalle annetaan yksilöllinen numero. Kuvat ovat yleensä A4- tai A3-kokoisia, ei sen suurempia, sillä stabilointikoneen ohjaamon tila on rajallinen. Työkuvien mukaan jaetaan stabiloitavat pilarit, jokainen pilari numeroidaan juoksevasti numerosta yksi alkaen. Jokaisen työkuvan numerointi alkaa numerosta yksi. Pilarit voidaan myös numeroida eri tavalla, kunhan yksittäisen pilari on tunnistettavissa.

Näiden lisäksi on mahdollista tehdä erinäisiä tilastoja ja kuvia, joista on hyötyä työn tekemisen kannalta, niin stabilointikoneenkuljettajalle kuin työnjohdollekin. Ne voivat esittää töiden tekemiseen vaikuttavia asioita tai lisäinformaatiota, joita ei ole tarpeen näyttää varsinaisissa työkuvin. Näiden aineistojen tekeminen on täysin riippuvainen lähtöaineistoista, mutta niiden puuttuminen ei estä töiden tekemistä.

Stabilointikoneenkuljettaja merkitsee työkuviin tehdyt pilarit ja havaitut poikkeamat. Vaikka pilarit näkyvät koneohjausjärjestelmän näytöllä, ovat perinteiset paperikuvat tärkeitä. Niihin voidaan merkitä sellaisia asioita, joita järjestelmään ei ole mahdollista tehdä. Samalla niiden avulla on osittain mahdollista tarkistaa tallennettujen pisteiden oikeellisuus. Näiden tietojen avulla tehdään 3D-Win- ja Autocad-ohjelmien avulla

tarkekuvat, jotka luovutetaan tilaajalle. Tarkekuvassa näkyy haalealla teoreettiset pilarit, tummemmalla tehdyt pilarit pilarinumeroineen sekä poikkeamat selityksineen jos sellaisia on. Näin on mahdollista nähdä kuvasta, mitkä pilarit puuttuvat tai ovat siirretty.

Koneohjausjärjestelmä stabilointikoneissa on osoittautunut erittäin hyväksi ja tehokkaaksi. Järjestelmän sisäinen koordinaatisto saadaan ratkaistua yhdellä pystypuomissa sijaitsevalla kiihtyvyyssanturilla, ulkoinen ratkaistaan kahden gps-antennin avulla. Yhden antennin avulla olisi teoreettisesti sijainti mahdollista ratkaista, mutta silloin vaadittaisiin, että kone liikkuisi paljon tai pyörähtäisi akselinsa ympäri aika ajoin minimissään 90°. (6.) Tämä olisi kuitenkin kuljettajan kannalta ylimääräinen toimenpide ja aiheuttaisi koneelle turhia liikkeitä, joissain konetyypeissä tämä ei ole mahdollista, koska erillisestä säiliöyksiköstä syötetään sideaineet letkujen kautta, joten sujuva liikkuvuus on rajallinen.

Koneohjausjärjestelmä on syrjäyttänyt tikutuksen lähes kokonaan. Ainoastaan järjestelmään tulee häiriön vuoksi joudutaan siihen turvautumaan. Pilarin sijaintitarkkuus on parantunut huomattavasti. Ohjaamossa olevasta näytöstä nähdään milloin sekoitinkärki on kohdallaan, jotta pilari voidaan tehdä. Vastaavasti järjestelmä tallentaa koordinaatit jokaisesta tehdystä pilarista. Ennen toteumatieto perustui pitkälti teoreettiseen. Merkintä poikkeamasta tehtiin vasta kun pilaria siirrettiin selvästi sivuun.

Sijaintitarkkuuksien tarkastaminen on helppoa vertaamalla teoreettista ja toteutunutta pilaria. Pilarin alapään korkeus h on mahdollista ratkaista vertaamalla koneohjausjärjestelmän ja koneen sisäisen ohjelman välillä. Tällöin voidaan verrata myös suunniteltujen ja toteutuneiden pilareiden alapään korkeuksia.

Pilaristabilointiin liittyen on tutkittu eri asioita POHVA-hankkeissa. Tarkoituksena on ollut niin ikään kehittää koneita, laitteita ja aineistojen keruuta ja niiden hyödyntämistä. Stabilointikone voisi toimia eräänlaisena kairauskoneena. Kun stabilointikärki työnnetään maahan, keräisi se maan olosuhteista samalla tietoja ja laskisi samalla optimaalisen sideainesyötön. Tällä tavoin olisi jokainen pilari yksilöllinen. Nämä asiat näyttäisivät olevan mahdollisia, mutta tarkkuuksien arvioiminen on vielä kesken. (8.)

Jotta pilari voitaisiin yksilöidä, vaadittaisiin menetelmä, jolla voitaisiin todentaa sideaineen syötön tarkkuus, tätä ei vielä ole pystytty luotettavasti ratkaisemaan. (8.)

Tämä aihe tuli ajankohtaiseksi, koska tarkat työvaiheet ovat Skanska Infra Oy:ssä vain yhden henkilön tiedossa. Tarkoitus oli selvittää, mitä kaikkea stabiloinnin toteuttamista ja todentamista varten on tehtävä. Koneohjauksen yleistyessä oli hyvä päivittää tiedot ajan tasalle siinä, missä mennään stabilointikoneiden ja aineistojen näkökulmasta.

Tutkimusta voisi jatkaa jonkun toisen urakoitsijan näkökulmasta. Ehkä menetelmät ovatkin aivan toisenlaiset mutta kuitenkin InfraRYL:n mukaiset. Ohjelmistoissa olisi kehitettävää. Ongelma vaikuttaisi olevan tällä hetkellä se, että koneen oma ohjelma ja koneohjausjärjestelmä ovat kahden eri yhtiön tuottamia. Näiden välistä yhteistyötä olisi parannettava. Nykyaikana koneohjausjärjestelmä kerää pilarin sijainnin toteumatiedon ja koneen oma ohjelma vastaavasti pilarista kaiken muun.

Stabilointikoneiden reaaliaikaisesta seurantalpalvelusta voisi olla hyötyä. Tehtävät pilarit sijaitisivat palvelimella, josta kaikki alueella työtä tekevät stabilointikoneet hakevat tietonsa. Tehdyt pilarit tallentuisivat myös palvelimelle, josta kaikki koneen näkisivät, missä on tehtyjä pilareita. Näin ollen riski tehdä samaa pilaria useampaan kertaan minimoitaisiin. Työnjohdolla olisi samalla myös mahdollista seurata reaaliajassa, miten työt etenevät.

Lähteet

- 1 Heikkilä, Rauno. Oulun yliopisto. 2011. Pohjanvahvistuspäivän esitys. Otaniemi 24.8.2011. Informaatio- ja automaatioteknologian kehittäminen maa- ja talonrakentamisen pohjarakentamiseen (POHVA II).
- 2 InfraRYL NET 2010/1, 21.5.2010. 14131.5 Pilaristabiloinnin kelpoisuuden toteaminen, s. 7. Verkkodokumentti. Skanska intranet. <<https://projektipankki.raksanet.fi>>. Luettu 26.1.2012.
- 3 Nikkinen, Jyrki. 2011. Stabiloititöiden työpäällikkö, Skanska infra oy, Helsinki. Haastattelu 14.12.2011.
- 4 Varo ilmajohtaja opas. 2010. Verkkodokumentti. TUKES. <www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/Varo_ilmajohtaja.pdf>. Luettu 4.1.2012.
- 5 Meriläinen, Olli. 2010. Työkoneautomaatio maanrakennustyömaalla. Opinnäytetyö ylempi amk-tutkinto. Savonia ammattikorkeakoulu.
- 6 Mahkonen, Tomi. 2012. Huollon tuki, Novatron Oy, Tampere. Sähköpostikeskustelu 12.1.2012.
- 7 Syrjä, Mikko. 2012. Ohjelmoija, 3D-System Oy, Vantaa. Ote Geotime Oy, GT-Ohjelman ohjekirjasta, s.161. Sähköpostikeskustelun liite 27.1.2012
- 8 Kilpeläinen, Pekka. 2012. Tutkija, VTT, Oulu. Sähköpostikeskustelu. 26.1.2012
- 9 Syvästabiloinnin suunnittelu, tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. 2010. Liikenneviraston ohjeita. Helsinki: Liikennevirasto.
- 10 Törnqvist, Jouko. Erikoistutkija, tiiminvetäjä, VTT, Espoo. Puhelinhaastattelu 27.1.2012

- 11 InfraRYL NET 2010/1, 21.5.2010. 14131.4 Pilaristabiloinnin kelpoisuuden toteaminen, s. 1. Verkkodokumentti. Skanska intranet. <<https://projektipankki.raksanet.fi>>. Luettu 26.1.2012.